

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-145507

(43)Date of publication of application : 26.05.2000

(51)Int.Cl.

F02D 41/04
 F02D 21/08
 F02D 41/02
 F02D 41/10
 F02D 41/34
 F02D 41/38
 F02D 43/00
 F02M 25/07

(21)Application number : 10-321566

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 12.11.1998

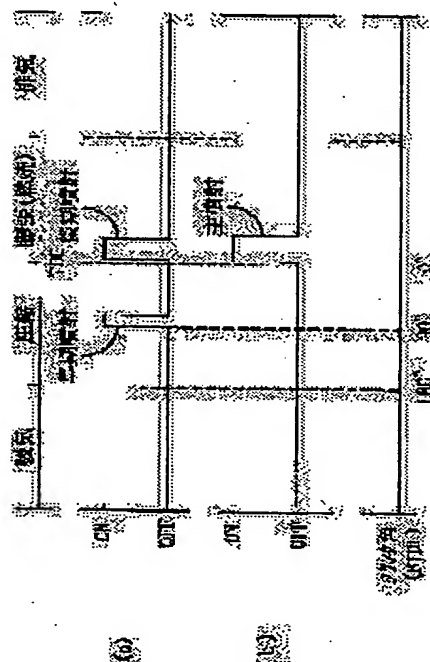
(72)Inventor : SAITO TOMOAKI
 HOSOYA HIDEO
 YASUTOMI KATSUAKI
 ARAKI KEIJI

(54) DIRECT INJECTION ENGINE CONTROLLING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it compatible at high level to reduce NOx and to reduce smoke in exhaust by improving a combustion state, in a direct injection diesel engine indirectly controlling an air-fuel ratio of a combustion chamber 4 by adjusting the reflux amount of the exhaust.

SOLUTION: In an area I of low rotation driving and middle load and more driving of an engine, fuel injection by an injector is conducted in two steps of early injection which starts injecting one-third or more of total injection amount per one fuel cycle by BTDC 90° CA, and later injection which starts injecting the remaining fuel near a compression upper dead point. The fuel injection in the two steps can be conducted when the engine shifts from a normal driving state to an acceleration driving state.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
 examiner's decision of rejection or application converted
 registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
 rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
 rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C), 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

A-Y

4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-145507

(P 2 0 0 0 - 1 4 5 5 0 7 A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000. 5. 26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
F02D 41/04	385	F02D 41/04	385 C 3G062
21/08	301	21/08	301 D 3G084
	311		311 B 3G092
41/02	325	41/02	325 A 3G301
			325 E

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全31頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-321566

(22) 出願日 平成10年11月12日 (1998. 11. 12)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 齊藤 智明

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ

株式会社内

(72) 発明者 細谷 英生

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ

株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外1名)

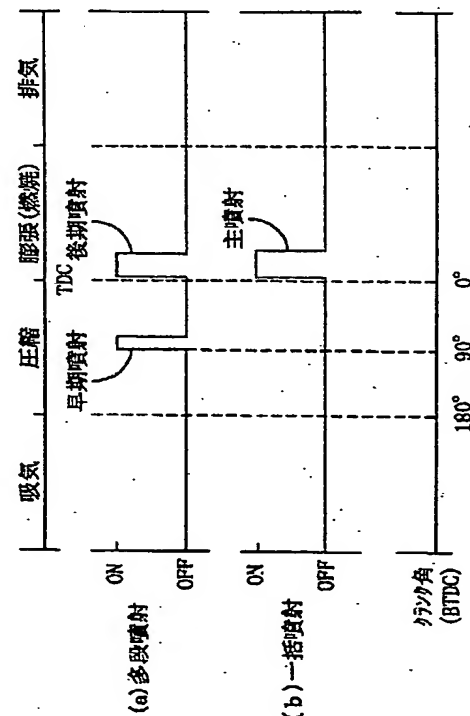
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射式エンジンの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 排気の還流量を調節することで間接的に燃焼室4の空燃比を制御するようにした直噴式ディーゼルエンジン1において、燃焼状態の改善によって、排気中のNO_x低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立させる。

【解決手段】 エンジン1の低回転及び中負荷以上の運転領域(I)で、インジェクタ5による燃料噴射を、1燃焼サイクルにおける噴射総量の1/3以上をBTDC 90°CAで噴射開始する早期噴射と、残りの燃料を圧縮上死点近傍で噴射開始する後期噴射との2段階に分けて行わせる。エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに2段階の燃料噴射を行わせるようにしてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁と、
エンジンの吸気系に排気の一部を還流させる排気還流通路と、
前記排気還流通路における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、
アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段と、
前記排気の還流状態に関する還流状態量がエンジンの運転状態に応じて設定された目標値になるように、前記排気還流量調節弁の開度を制御する排気還流制御手段とを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置において、
エンジンが低回転及び中負荷以上の運転領域にあり、かつ前記排気還流が行われているときに、前記燃料噴射弁による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段が設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、
噴射時期制御手段は、燃料噴射弁による燃料噴射を、各気筒毎の 1 回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の 1/3 以上が気筒の圧縮上死点前 30 度以前の圧縮行程で噴射され、かつ残りの燃料が圧縮上死点近傍で噴射されるように多段階に分けて実行させるものであることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、
還流状態量を検出するためのセンサが設けられ、
排気還流制御手段は、排気還流量調節弁の開度を前記センサからの出力信号に基づいてフィードバック制御するものであることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 において、
エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサが設けられ、
排気還流制御手段は、排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比が目標値になるようにフィードバック制御するものであることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 5】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁と、
エンジンの吸気系に排気の一部を還流させる排気還流通路と、
前記排気還流通路における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、
アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段と、
前記排気の還流状態に関する還流状態量がエンジンの運転状態に応じて設定された目標値になるように、前記排

気還流量調節弁の開度を制御する排気還流制御手段とを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置において、
前記排気還流量の全排気量に対する割合である排気還流率が所定の基準値以下になるエンジンの運転領域において、前記燃料噴射弁による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段が設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 6】 請求項 5 において、
エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサが設けられ、排気還流制御手段は、排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比が目標値になるようにフィードバック制御するものであり、

排気還流率が基準値以下になるエンジンの運転領域は、前記燃焼室の空燃比が設定値以上になる領域であることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 7】 請求項 5 において、
噴射時期制御手段は、エンジンの低回転域で多段階の燃料噴射を実行させるように構成されていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 8】 請求項 5 において、
噴射時期制御手段は、排気還流率が基準値よりも大きくなる運転領域では、燃料噴射を圧縮上死点近傍で一括して実行させるように構成されていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 9】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁と、

エンジンの吸気系に排気の一部を還流させる排気還流通路と、

前記排気還流通路における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、

アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段と、

前記排気の還流状態に関する還流状態量がエンジンの運転状態に応じて設定された目標値になるように、前記排気還流量調節弁の開度を制御する排気還流制御手段とを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置において、

前記排気還流制御手段は、エンジンの運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、排気還流量調節弁を閉じる側に作動させるように構成され、

エンジンの運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、前記燃料噴射弁による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段が設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 10】 請求項 9 において、

排気還流量調節弁が実際に閉じる側に作動したことを検出する閉作動検出手段が設けられ、

噴射時期制御手段は、前記閉作動検出手段により排気還流量調節弁の閉作動が検出されたときに、多段階の燃料噴射を開始させるように構成されていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 11】 請求項 9 において、エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサが設けられ、

噴射時期制御手段は、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比が設定値以上になったときに、多段階の燃料噴射を開始させるように構成されていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 12】 請求項 9 において、噴射時期制御手段は、燃料噴射弁により多段階の燃料噴射を所定期間行わせた後、圧縮上死点近傍での一括噴射に切り替えるように構成されていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 13】 請求項 9 において、排気還流通路はエンジンの吸気通路に接続され、その排気還流通路との接続部よりも吸気上流側の吸気通路に吸気絞り弁が配設されており、

エンジンの低回転低負荷領域で、前記吸気絞り弁を全開状態よりも閉じた状態に制御する吸気絞り弁制御手段が設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 14】 請求項 1、5 又は 9 のいずれか 1 つにおいて、

エンジンの排気流により回転駆動されるタービンと、前記タービンに回転一体に連結され、エンジンの吸気を圧縮するブロワとからなるターボ過給機が設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 15】 請求項 1、5 又は 9 のいずれか 1 つにおいて、

燃料を噴射圧以上の高圧状態で蓄える蓄圧室に燃料噴射弁が接続されたコモンレール式燃料噴射系を備えていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 16】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁を備え、燃料を噴射圧以上の高圧状態で蓄える蓄圧室に前記燃料噴射弁が接続されているコモンレール式燃料噴射系と、

アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段と、

エンジンの吸気通路及び排気通路を連通する排気還流通路と、

前記排気還流通路による排気側から吸気側への排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、

前記排気還流通路との接続部よりも吸気上流側の吸気通路に配設され、吸入空気量を計測する吸気量センサと、

前記排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比が、エンジンの運転状態に応じて設定された目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段とを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置において、

前記吸気通路には、吸気を圧縮するターボ過給機のブロワと吸気絞り弁とが配設される一方、

前記排気通路には前記ブロワを回転駆動するタービンが配設されており、

エンジンの低回転低負荷領域で、前記吸気絞り弁を全開状態よりも閉じた状態に制御する吸気絞り弁制御手段と、

エンジンの運転状態が前記低回転低負荷領域の定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、前記燃料噴射弁による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段とが設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 17】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁を備え、少なくとも該燃料噴射弁による燃料噴射量を制御するようにした筒内噴射式エンジンの制御装置において、

エンジンが低回転及び中負荷以上の運転領域にあるとき、前記燃料噴射弁による燃料噴射を、各気筒毎の 1 回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の 1/3 以上が気筒の圧縮上死点前 30 度以前の圧縮行程で噴射され、かつ残りの燃料が圧縮上死点近傍で噴射されるように多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段が設けられていることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、エンジンの気筒内燃焼室に燃料を直接噴射するようにした筒内噴射式エンジンにおいて、主に排気中の有害成分を低減するための燃料噴射制御に関する制御装置の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、この種の筒内噴射式エンジンの制御装置として、例えば特開平 8-144867 号公報に開示されるように、ディーゼルエンジンにおいて吸気系への排気還流量を調節することによって間接的に燃焼室の空燃比（空気過剰率）を制御するようにしたものが知られている。このものでは、排気の一部をエンジンの吸気系に還流させる排気還流通路（以下 EGR 通路という）と、アクチュエータにより作動されて前記 EGR 通路における排ガスの還流量を調節する排気還流量調節弁（以下 EGR 弁という）とを備えており、排気通路に設けた空燃比センサからの出力信号に基づいて燃焼室の空燃比を検出して、その検出結果に応じて EGR 弁の開

度を制御するようにしている。

【0003】すなわち、前記従来例のものでは、燃焼室の空燃比を小さくするほど NO_x 排出濃度を低減できるが、その反面、空燃比が小さ過ぎるとスモークの生成量が急増するという直噴式ディーゼルエンジンの特性を考慮し、空燃比の制御目標値をスモーク量が急増しない範囲でできる限り小さな値（リッチ側の値）に設定して、排ガス中の NO_x 及びスモークの低減を図っている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年、環境保護の観点から自動車用エンジンの排気清浄化に対するニーズは一層、強まっており、特にディーゼルエンジンやガソリンのリーンバーンエンジンにおいては、酸素過剰雰囲気になる排気中で NO_x を還元浄化するのが難しいことから、燃焼に伴う NO_x の生成そのものをさらに低減させることが要求されている。

【0005】しかし、ディーゼルエンジンの場合、例えばエンジンへの要求出力が高い中負荷以上の運転領域や加速運転状態では、燃料噴射量が多いため燃焼も激しくなり、燃焼ガス温度も高くなりやすい。そのため、特にこのような運転領域において NO_x の生成を従来以上に抑えることは極めて困難である。

【0006】これに対し、前記中負荷以上の運転領域等において、燃料の噴射時期を軽負荷時よりも遅らせて燃焼の急激な立ち上がりを抑えることにより、 NO_x の生成を抑制するいわゆるタイミングリタードを行うことも考えられる。しかし、タイミングリタードを行うと、燃焼が緩慢になってスモーク量の急増を招く虞れがあり、このことが車両の発進時における顕著な黒煙発生を引き起こすことが問題になる。

【0007】本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ディーゼルエンジンや直噴式ガソリンエンジンにおいて燃料噴射の順序に工夫を凝らして、燃焼状態を改善することによって、排気中の NO_x 低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立させることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の解決手段では、エンジンが排気中の NO_x 低減及びスモーク低減の両立が難しい運転状態になっているときに、各気筒の圧縮行程で燃料を多段階に分けて噴射（以下、多段噴射ともいう）させるようにした。

【0009】具体的に、請求項1記載の発明は、図1に示すように、エンジン1の気筒内燃焼室4に燃料を噴射する燃料噴射弁5と、エンジン1の吸気系10に排気の一部を還流させる排気還流通路23と、該排気還流通路23における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁24と、アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁5による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段35aと、前記排気の還流状態に関する還流状態量がエンジン1の運転

状態に応じて設定された目標値になるように、前記排気還流量調節弁24の開度を制御する排気還流制御手段35bとを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置Aが前提である。そして、エンジン1が低回転及び中負荷以上の運転領域にあり、かつ前記排気還流が行われているときに、前記燃料噴射弁5による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35cを設ける構成とする。

【0010】前記の構成により、エンジン1の低回転及び中負荷以上の運転領域で、かつ排気の一部が吸気系10に還流されているときに、まず、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射を含むように、圧縮行程で少なくとも1回の燃料噴射（早期噴射）が行われる。この早期噴射された燃料は、気筒内の空気の流動によって空気と十分に混合されかつ十分に気化霧化して、ピストン3の上昇に伴う気筒内圧の上昇と共に周囲の酸素と徐々に反応する。そして、圧縮行程終期に燃焼室全体の温度がいわゆる自己着火温度に達すると、爆発的に燃焼する。また、圧縮上死点近傍で最後の燃料噴射（後期噴射）がなされると、その燃料噴霧は極く僅かな着火遅れ期間を経て急速に燃焼する。

【0011】このような燃焼状態においては、まず、早期噴射されて相対的に大きく広がった燃料噴霧が十分に気化霧化しかつ空気と混合されて良好に燃焼するので、燃焼室4における空気利用率が極めて高くなる。しかも、その燃料は周囲の酸素と徐々に反応しながら爆発的な燃焼状態へ移行してゆくので、燃焼室温度が自己着火温度に達した後の燃焼圧力や燃焼温度の立ち上がりは過度に急峻にはならない。このことで、 NO_x の生成を大幅に低減できる。

【0012】また、そのようにして多くの燃料が早期噴射される結果、総燃料噴射量がかなり多くなっても、圧縮上死点近傍で行う後期噴射の噴射量はあまり多くはならず、しかも、その燃料噴霧は既に燃焼が始まっている高温高圧の燃焼室へ噴射され、速やかに気化霧化されて急速にかつ良好に燃焼されることになる。このことで、燃料噴射の総量がかかなり多くても、スモークの増大を抑制できる。

【0013】したがって、この構成によれば、吸気充填効率が低い吸入空気量が少なくなるエンジン低回転で、かつエンジン1への要求出力が高いため総燃料噴射量が多くなる中負荷以上の運転領域、即ち、排気中の NO_x 低減及びスモーク低減の両立が極めて困難な運転領域において、燃料の多段噴射を実行することにより、スモークの増大を抑えつつ、 NO_x 生成を十分に低減することができる。特に、従来例の如く排気還流によって NO_x 低減を図るようにしたものでは、排気の還流を行うときに、燃料の多段噴射を実行することにより NO_x 生成を大幅に低減できるので、その分、排気の還流量を減

らすようにすれば、そのことによってスモークの低減を図ることもできる。つまり、排気中の NO_x 低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立させることができる。

【0014】請求項2記載の発明では、請求項1記載の発明における噴射時期制御手段は、燃料噴射弁による燃料噴射を、各気筒毎の1回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の1/3以上が圧縮上死点前30度（以下、 $\text{BTDC } 30^\circ \text{CA}$ ともいう）以前の圧縮行程で噴射され、かつ残りの燃料が圧縮上死点近傍で噴射されるように多段階に分けて実行させるものとする。

【0015】このことで、早期噴射を気筒の $\text{BTDC } 30^\circ \text{CA}$ 以前の圧縮行程で実行することで、燃料噴霧を十分に大きく広げ、空気とよく混合しかつ気化霧化させて、空気利用率を高めることができる。またその際、気筒の1回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の1/3以上を噴射させることで、燃料噴霧を自己着火可能な程度の濃度状態に維持することができる。さらに、残りの燃料量が総噴射量の2/3よりも少なくなるので、その燃料を圧縮上死点近傍で噴射して速やかにかつ燃え残りなく燃焼させることができる。よって、請求項1記載の発明の作用効果が十分に得られる。

【0016】請求項3記載の発明では、請求項1又は2記載の発明において、還流状態量を検出するためのセンサが設けられ、排気還流制御手段は、排気還流量調節弁の開度を前記センサからの出力信号に基づいてフィードバック制御する構成とする。このことで、排気還流制御手段は、センサ信号に基づくフィードバック制御により、還流状態量を正確に目標値に制御することができる。

【0017】請求項4記載の発明では、請求項1又は2記載の発明において、エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサが設けられ、排気還流制御手段は、排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比が目標値になるようにフィードバック制御するものとする。

【0018】この構成では、吸気量センサにより検出された吸入空気量と噴射量制御手段により制御される燃料噴射量とに基づいて、燃焼室の実空燃比を求めることができるので、排気還流量調節弁の開度制御によって、燃焼室の空燃比を目標値になるように高精度にフィードバック制御できる。つまり、高精度の空燃比制御と燃料の多段噴射とを併せて行うことにより、排気中の NO_x 低減及びスモーク低減を一層、高次元で両立できる。

【0019】請求項5記載の発明は、図1に示すように、エンジン1の気筒内燃焼室4に燃料を噴射する燃料噴射弁5と、エンジン1の吸気系10に排気の一部を還流させる排気還流通路23と、該排気還流通路23における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁24と、

アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁5による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段35aと、前記排気の還流状態に関する還流状態量がエンジン1の運転状態に応じて設定された目標値になるように、前記排気還流量調節弁24の開度を制御する排気還流制御手段35bとを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置Aが前提である。そして、前記排気還流量の全排気量に対する割合である排気還流率が所定の基準値以下になるエンジン1の運転領域において、前記燃料噴射弁5による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35cを設ける構成とする。

【0020】前記の構成により、エンジン1の排気還流率が所定の基準値以下になる運転領域において燃焼の多段噴射が実行され、請求項1記載の発明と同様の作用効果が得られる。すなわち、燃焼室4における空気利用率が極めて高くなる一方で、予混合燃焼時の燃焼圧力や燃焼温度の立ち上がりが適度に緩和され、それらの相乗的な作用によって、 NO_x の生成を大幅に低減できる。また、総燃料噴射量がかなり多くても、スモークの増大を抑えることができる。

【0021】したがって、この発明では、排気還流率が所定の基準値以下になる運転領域、即ち、多量の排気還流によって NO_x 低減を図ることが難しい例えばエンジンの高負荷運転領域等において、スモークの増大を抑えつつ NO_x の生成を大幅に低減することができる。また、排気還流率を前記基準値よりも大きくできる例えばエンジンの中負荷運転領域等において、燃料の多段噴射を実行して NO_x 生成を大幅に低減するとともに、その分、排気の還流量を減らして結果的に排気還流率が前記基準値以下になるようにすれば、スモークも低減できる。つまり、排気中の NO_x 低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立できる。

【0022】請求項6記載の発明では、請求項5記載の発明において、エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサが設けられ、排気還流制御手段は、排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比がエンジン1の運転状態に応じて設定された目標値になるようにフィードバック制御するものとする。そして、排気還流率が基準値以下になるエンジン1の運転領域は、前記空燃比検出手段により検出される空燃比が設定値以上になる領域とする。

【0023】この構成では、吸気量センサにより検出された吸入空気量と噴射量制御手段により制御される燃料噴射量とに基づいて、燃焼室の実空燃比を求めることができ、そのようにして求められる空燃比が目標値になるように、排気還流量が調節されることで、燃焼室の空燃比を高精度にフィードバック制御できる。また、上述の如く求められる燃焼室の実空燃比に基づいてそのときの

排気還流率を検出できるので、排気還流率が基準値以下になるエンジンの運転領域を、空燃比が設定値以上になる領域として判定できる。

【0024】請求項7記載の発明では、請求項5記載の発明における噴射時期制御手段を、エンジンの低回転域で多段階の燃料噴射を実行させる構成とする。すなわち、一般に、エンジンの低回転域では吸気充填効率が低く燃焼室への吸入空気量が少ないので、燃料噴射量の変動に対する空燃比の変動が大きくなり、高回転域に比べてNOx及びスモークの低減が難しい。従って、このよう

なエンジン低回転域で燃料の多段階噴射を実行して、NOx及びスモークの低減を図ることは特に有効である。【0025】請求項8記載の発明では、請求項5記載の発明における噴射時期制御手段を、排気還流率が基準値よりも大きくなる運転領域では、燃料噴射を圧縮上死点近傍で一括して実行させる構成とする。このことで、燃料の多段階噴射を行うと、早期噴射された燃料の燃焼力の一部がいわゆる逆駆動力になって、エンジンの燃費率が若干、悪化するという難があるので、排気還流率が基準値よりも大きくなる運転領域では、多段階噴射は行わずに燃料噴射を圧縮上死点近傍で一括して実行させることで、燃費の悪化を抑制できる。

【0026】請求項9記載の発明は、図1に示すように、エンジン1の気筒内燃焼室4に燃料を噴射する燃料噴射弁5と、エンジン1の吸気系10に排気の一部を還流させる排気還流通路23と、該排気還流通路23における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁24と、アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁5による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段35aと、前記排気の還流状態に関する還流状態量がエンジン1の運転状態に応じて設定された目標値になるように、前記排気還流量調節弁24の開度を制御する排気還流制御手段35bとを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置Aが前提である。そして、前記排気還流制御手段35bを、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、排気還流量調節弁24を閉じる側に作動させるように構成し、かつ、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、前記燃料噴射弁5による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35cを設ける構成とする。

【0027】前記の構成により、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、噴射時期制御手段35cにより燃料の多段階噴射制御が行われて、請求項1記載の発明と同様に燃焼室4における空気利用率が極めて高くなる一方で、予混合燃焼時の燃焼圧力や燃焼温度の立ち上がりが適度に緩和されて、NOxの生成が大幅に低減される。

【0028】また、エンジン1の加速運転状態への移行

に伴い燃料噴射量が増量されるとともに、排気還流制御手段35bにより排気還流量調節弁24が閉じる側に作動され、排気還流量の減少によって新気の吸入空気量が増加するので、エンジン出力を高めつつ、スモークの増大を抑制できる。尚、排気還流量が減少すれば、NOxの生成を抑える作用はやや弱まるものの、多段階噴射によってNOx生成を大幅に低減できるので、結果としてNOxの十分な低減が図られる。

【0029】したがって、この発明では、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、即ちNOx低減が難しい上にスモーク増大の虞れが強い運転状態であっても、排気還流制御と燃料の多段階噴射制御とを併せて実行することで、スモークを十分に抑制しつつ、NOxも従来よりも低減できる。

【0030】請求項10記載の発明では、請求項9記載の発明において、排気還流量調節弁が実際に閉じる側に作動したことを検出する閉作動検出手段を設け、噴射時期制御手段は、前記閉作動検出手段により排気還流量調節弁の閉作動が検出されたとき、多段階の燃料噴射を開始させる構成とする。

【0031】すなわち、エンジンが加速運転状態に移行した直後は、排気還流制御弁の作動遅れに起因して排気還流量が過度に多くなってしまうことがあり、そのときに燃料の多段階噴射を行うと、却って燃焼状態が悪化してスモーク増大を招く虞れがある。そこで、この発明では、閉作動検出手段により排気還流量調節弁の実際の閉作動が検出されたときに多段階の燃料噴射を開始させることで、前記のスモーク増大という弊害を回避できる。

【0032】請求項11記載の発明では、請求項9記載の発明において、エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサが設けられ、噴射時期制御手段は、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比が設定値以上になったときに、多段階の燃料噴射を開始させる構成とする。

【0033】この構成では、エンジンが加速運転状態へ移行したとき、吸気量センサにより計測された吸入空気量と噴射量制御手段により制御される燃料噴射量とに基づいて、燃焼室の実空燃比が求められる。そして、その求められた空燃比が設定値以上になったときに、多段階の燃料噴射が開始される。つまり、エンジンの加速運転状態への移行時に燃焼室の実空燃比が設定値以上になったときに、即ち排気還流量が過度に多い状態でないことを確認した上で、燃料の多段階噴射を開始させることで、加速直後の多段階噴射に起因するスモーク増大の弊害を確実に回避できる。

【0034】請求項12記載の発明では、請求項9記載の発明における噴射時期制御手段を、燃料噴射弁により多段階の燃料噴射を所定期間行わせた後、圧縮上死点近傍での一括噴射に切り替える構成とする。尚、前記所定

期間は、例えば加速運転状態になってから設定時間が経過するまで、又は設定クランク角度だけクランク軸が回転するまでとすればよい。或いは、車両の走行速度やエンジン回転数の上昇度合、又はこれに伴う燃料噴射量の変化等に基づいて、前記所定期間の経過を判定するようにしてもよい。

【0035】すなわち、燃料の多段噴射を行うと、早期噴射された燃料の燃焼力の一部がいわゆる逆駆動力になって、エンジンの燃費率が若干、悪化するという難があるが、この発明では、エンジンの加速運転の途中で燃料噴射を多段階の噴射から一括噴射に切り替えることで、燃費の悪化を抑制することができる。

【0036】請求項13記載の発明では、請求項9記載の発明における排気還流通路はエンジンの吸気通路に接続され、その排気還流通路との接続部よりも吸気上流側の吸気通路に吸気絞り弁が配設されており、エンジンの低回転低負荷領域で前記吸気絞り弁を全開状態よりも閉じた状態に制御する吸気絞り弁制御手段が設けられている構成とする。

【0037】すなわち、一般に、ディーゼルエンジンにおいては、吸気通路内の負圧が小さく排気還流通路による排気の還流量を十分に確保し難いので、吸気通路に吸気絞り弁を設けて、吸排気間の差圧を高めることが行われている。このようなものでは、車両の発進時等にエンジンが加速運転状態に移行したとき、前記吸気絞り弁により吸気の流通抵抗が増大しているため、燃焼室への吸入空気量が不足して、スモークが増大する虞れが極めて強い。従って、このように吸気絞り弁を備えたものにおいて、エンジンの加速運転状態への移行時に排気還流制御と燃料の多段噴射とを併せて実行することで、スモークを抑制しつつNOxを低減できることの作用効果は極めて有効なものになる。

【0038】請求項14記載の発明では、請求項1、5又は9のいずれか1つに記載の発明において、エンジンの排気流により回転駆動されるタービンと、該タービンに回転一体に連結され、エンジンの吸気を圧縮するプロワとからなるターボ過給機が設けられているものとする。

【0039】すなわち、一般に、ターボ過給機を装備したエンジンでは、ターボ過給機のないものに比べて気筒の圧縮比が低く設定されているため、過給圧の低い低回転域における吸気充填効率の低下が著しい。そのため、車両の発進時等にエンジンが加速運転状態に移行したとき、ターボ過給機のないものに比べて、燃焼室の吸入空気量不足によるスモーク増大の虞れが強い。従って、このようにターボ過給機を備えたものにおいて、エンジンの加速運転状態への移行時に排気還流制御と燃料の多段噴射とを併せて実行することで、スモークを抑制しつつNOxを低減できることの作用効果は極めて有効なものになる。

【0040】請求項15記載の発明では、請求項1、5又は9のいずれか1つに記載の発明において、燃料を噴射圧以上の高圧状態で蓄える蓄圧室に燃料噴射弁が接続されたコモンレール式燃料噴射系を備えているものとする。このことで、燃料噴射系の構成が具体化され、噴射時期制御手段による燃料噴射時期の制御が実現する。

【0041】請求項16記載の発明は、図1に示すように、エンジン1の気筒内燃焼室4に燃料を噴射する燃料噴射弁5を備え、燃料を噴射圧以上の高圧状態で蓄える蓄圧室6に前記燃料噴射弁5が接続されているコモンレール式燃料噴射系と、アクセル操作量に応じて前記燃料噴射弁5による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段35aと、エンジン1の吸気通路10及び排気通路20を連通する排気還流通路23と、該排気還流通路23による排気側から吸気側への排気の還流量を調節する排気還流量調節弁24と、前記排気還流通路23との接続部よりも吸気上流側の吸気通路10に配設され、吸入空気量を計測する吸気量センサ11と、前記排気還流量調節弁24の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比がエンジン1の運転状態に応じて設定された目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段35bとを備えた筒内噴射式エンジンの制御装置制御装置Aが前提である。

【0042】そして、前記吸気通路10には、吸気を圧縮するターボ過給機25のプロワ12と吸気絞り弁14とが配設される一方、前記排気通路20には前記プロワ12を回転駆動するタービン21が配設されており、エンジン1の低回転低負荷領域で、前記吸気絞り弁14を全開状態よりも閉じた状態に制御する吸気絞り弁制御手段35dと、エンジン1の運転状態が前記低回転低負荷領域の定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、前記燃料噴射弁5による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35cとが設けられている構成とする。

【0043】前記の構成のものでは、請求項4記載の発明と同様に、吸入空気量センサ11からの出力信号に基づいて排気還流量調節弁24の開度が制御され、そのことによって排気還流通路23による排気の還流量が調節されて、燃焼室4の空燃比が高精度にフィードバック制御される。また、エンジン1の低回転低負荷領域では、吸気絞り弁14により吸気通路10の空気圧力が低くされ、前記排気還流通路23による排気の還流量を確保できるようになっている。さらに、気筒2の圧縮比はターボ過給機25のないものに比べて低く設定されている。

【0044】そして、このようなものにおいて、エンジン1の運転状態が運転状態が低回転低負荷領域での定常運転状態から加速運転状態へ移行したときには、要求出力の増大に応じて燃料噴射量が増量される一方、制御の

遅れによって、空燃比が一時的に過度に小さな状態（リッチ状態）になる。しかも、吸気絞り弁14により吸気の流通抵抗が増大しているため、燃焼室4への吸入空気量が不足しやすい。さらに、過給圧の低い低回転域では、元来ターボ過給機25のないものに比べて吸気充填効率が低いので、このことによっても吸入空気量不足になりやすい。つまり、前記前提構成のものでは、エンジンの加速運転状態への移行時に一時的にスモーク量が急増する虞れが極めて強い。

【0045】そこで、この発明では、車両の発進時等にエンジンが加速運転状態に移行したとき、請求項9記載の発明と同様に排気還流量の減少とともに、燃料の多段噴射を実行することにより、上述の如くスモーク増大の虞れが極めて強い状態であっても、NO_x低減を図りつつ、スモーク増大を抑制することができる。

【0046】請求項17記載の発明は、図1に示すように、エンジン1の気筒内燃焼室4に燃料を噴射する燃料噴射弁5を備え、少なくとも該燃料噴射弁5による燃料噴射量を制御するようにした筒内噴射式エンジンの制御装置Aが前提である。そして、エンジン1が低回転及び中負荷以上の運転領域にあるとき、前記燃料噴射弁5による燃料噴射を、各気筒2毎の1回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の1/3以上が圧縮上死点前30度以前の圧縮行程で噴射され、かつ残りの燃料が圧縮上死点近傍で噴射されるように多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35cを設ける構成とする。

【0047】前記の構成により、エンジン1の低回転及び中負荷以上の運転領域において、請求項2記載の発明と同様の作用効果が得られる。すなわち、燃料の多段噴射を実行することにより、燃焼室4における空気利用率が極めて高くなる一方で、予混合燃焼時の燃焼圧力や燃焼温度の立ち上がりが適度に緩和され、それらの相乗的な作用によってNO_xの生成が大幅に低減される。また、総燃料噴射量がかなり多くても、スモークの増大を抑えることができる。よって、排気中のスモークの増大を抑えつつ、NO_x生成を十分に低減できる。

【0048】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0049】（実施形態1）

（全体構成）図1は本発明の実施形態1に係る筒内噴射式エンジンの制御装置Aの全体構成を示し、1は例えばマニュアルトランスミッションを装備する車両に搭載された4気筒ディーゼルエンジンである。このエンジン1は4つの気筒2、2、…（1つのみ図示する）を有し、その各気筒2内に往復動可能にピストン3が嵌挿されていて、このピストン3によって各気筒2内に燃焼室4が区画されている。また、燃焼室4の上面の略中央部には、インジェクタ5が先端部の噴孔を燃焼室4に臨ませて配設されていて、各気筒毎に所定の噴射タイミングで

開閉作動されて、燃焼室4に燃料を直接噴射するようになっている。

【0050】前記各インジェクタ5は高圧の燃料を蓄える共通のコモンレール（蓄圧室）6に接続されていて、そのコモンレール6には、内部の燃圧（コモンレール圧）を検出する圧力センサ6aが配設されているとともに、クランク軸7により駆動される高圧供給ポンプ8が接続されている。この高圧供給ポンプ8は、圧力センサ6aにより検出されるコモンレール6内の燃圧が所定値以上（例えば、アイドル運転時に40MPa、それ以外の運転状態では80MPa以上）に保持されるように作動する。また、クランク軸7の一端部にはその回転角度を検出するクランク角センサ9が設けられている。このクランク角センサ9は、クランク軸7の端部に設けた被検出用プレート（図示せず）と、その外周に相対向するように配置された電磁ピックアップとからなり、前記被検出用プレートの外周部全周に亘って形成された突起部の通過に対応してパルス信号を出力するようになっている。

【0051】また、10はエンジン1の燃焼室4に対し図外のエアクリーナで濾過した吸気（空気）を供給する吸気通路であり、この吸気通路10の下流端部は、図示しないサージタンクを介して気筒毎に分岐して、それぞれ吸気ポートにより各気筒2の燃焼室4に接続されている。また、サージタンク内で各気筒2に供給される過給圧を検出する過給圧センサ10aが設けられている。前記吸気通路10には上流側から下流側に向かって順に、エンジン1に吸入される吸気流量を検出するエアフローセンサ（吸気量センサ）11と、後述のタービン21により駆動されて吸気を圧縮するブロワ12と、このブロワ12により圧縮した吸気を冷却するインタークーラ13と、吸気通路10の断面積を絞る吸気絞り弁14とがそれぞれ設けられている。この吸気絞り弁14は、全閉状態でも吸気が流通可能なように切り欠きが設けられたバタフライバルブからなり、後述のEGR弁24と同様、ダイヤフラム15に作用する負圧の大きさが負圧制御用の電磁弁16により調節されることで、弁の開度が制御されるようになっている。

【0052】前記エアフローセンサ11は、流速変動があっても空気流量を確実にとらえることのできる定温度型ホットフィルム式エアフローセンサであり、図示しないが、吸気通路10に吸気流れ方向と直交するように配置されたヒータと、このヒータを挟んで上流側と下流側とに配置されたホットフィルムとを備えていて、両ホットフィルムの温度の高低に基づいて、吸気通路10を下流側（各気筒2の側）に向かう正方向流及び上流側に向かう逆流をそれぞれ検出するようになっている。このエアフローセンサ11による計測値に基づいて、正方向の空気流量のみを計測することができ、排気還流量の制御に逆流による誤差が入ることを避けることができる。

【0053】また、図1において20は各気筒2の燃焼室4から燃焼ガスを排出する排気通路で、この排気通路20の上流端部は分岐してそれぞれ図示しない排気ポートにより各気筒2の燃焼室4に接続されている。この排気通路20には、上流側から下流側に向かって順に、排気流により回転されるタービン21と、排気中のHC、CO及びNO_x並びにパティキュレートを浄化可能な触媒コンバータ22とが配設されている。

【0054】前記タービン21及びプロワ12からなるターボ過給機25は、図2に示すように、タービン21を収容するタービン室21aに該タービン21aの全周を囲むように複数のフラップ21b、21b、…が設けられ、その各フラップ21bが排気流路のノズル断面積Aを変化させるように回転するVGT（バリアブルジオメトリターボ）である。このVGTの場合、同図

(a)に示すように、フラップ21b、21b、…をタービン21に対し周方向に向くように位置付けてノズル断面積Aを小さくすることで、排気流量の少ないエンジン1の低回転域でも過給効率を高めることができる。一方、同図(b)に示すように、フラップ21b、21b、…をその先端がタービン21の中心に向くように位置付けて、ノズル断面積Aを大きくすれば、排気流量の多いエンジン1の高回転域でも高い過給効率を得られる。

【0055】前記排気通路20は、タービン21よりも上流側の部位で、排気の一部を吸気側に還流させる排気還流通路（以下EGR通路という）23の上流端に分岐接続されている。このEGR通路23の下流端は吸気絞り弁14よりも吸気下流側の吸気通路10に接続されており、そのEGR通路23の途中の下流端寄りには、開度調節可能な負圧作動式の排気還流量調節弁（以下EGR弁という）24が配置されていて、排気通路20の排気の一部をEGR弁24により流量調節しながら吸気通路10に還流させるようになっている。

【0056】前記EGR弁24は、図3に示すように、弁箱を仕切るダイヤフラム24aに弁棒24bが固定され、この弁棒24bの両端にEGR通路23の開度をリニアに調節する弁本体24cとリフトセンサ26とが設けられたものである。前記弁本体24cはスプリング24dによって閉方向（図の下方）に付勢されている一方、弁箱の負圧室（ダイヤフラム24aよりも上側の室）には負圧通路27が接続されている。この負圧通路27は、負圧制御用の電磁弁28を介してバキュームポンプ（負圧源）29に接続されており、電磁弁28が後述のECU35からの制御信号によって負圧通路27を連通・遮断することによって、負圧室のEGR弁駆動負圧が調節され、そのことによって、弁本体24cによりEGR通路23の開度がリニアに調節されるようになっている。

【0057】つまり、図4(a)に示すように、電流が

大きくなるに従ってEGR弁駆動負圧が大きく（圧力が低く）なり、そのEGR弁駆動負圧に比例して、同図

(b)に示すようにEGR弁本体24cのリフト量が増化する。但し、EGR弁本体24cのリフト量の変化にはヒステリシスが見られる。

【0058】尚、前記ターボ過給機25のフラップ21b、21b、…にもEGR弁24と同様にダイヤフラム30が取り付けられていて、負圧制御用の電磁弁31によりダイヤフラム30に作用する負圧が調節されることで、前記フラップ21b、21b、…の作動量が調節されるようになっている。

【0059】前記各インジェクタ5、高圧供給ポンプ8、吸気絞り弁14、EGR弁24、ターボ過給機25のフラップ21b、21b、…等はコントロールユニット（Electronic Control Unit：以下ECUという）35からの制御信号によって作動するように構成されている。一方、このECU35には、前記圧力センサ6aからの出力信号と、クランク角センサ9からの出力信号と、エアフローセンサ11からの出力信号と、EGR弁24のリフトセンサ26からの出力信号と、車両の運転者による図示しないアクセルペダルの操作量（アクセル開度）を検出するアクセル開度センサ32からの出力信号と、図示しないが、エンジン1の冷却水温を検出する水温センサからの出力信号とが少なくとも入力されている。

【0060】（制御システムの全体構成）前記ECU35におけるエンジン制御の基本的な処理の概要は図5のブロック図に示されており、基本的にアクセル開度に基づいて基本となる燃料噴射量を決定するとともに、EGR弁24の作動によりEGR率を調節して、各気筒の空燃比（還流状態量）を均一かつ高精度に制御するようにしている。また、高圧供給ポンプ8の作動によるコモンレール圧力の制御と、吸気絞り弁14の作動制御と、ターボ過給機25のフラップ21b、21b、…の作動制御（VGT制御）とが行われている。

【0061】前記EGR率は全排気量中の還流される排気量（EGR量）の割合をいう。すなわち、

$$EGR率 = EGR量 / 全排気量$$

ここで、EGR通路23から吸気通路10に還流される排気各気筒2への分配性はそれぞれ異なり、加えて各気筒毎の空気吸入特性自体にもばらつきがあるので、EGR通路23におけるEGR弁24の開度を同じにしても、各気筒2におけるEGR率及び吸入空気量偏差にはばらつきを生じ、EGR率の高い気筒ではその吸入空気量が少なく、EGR率の低い気筒ではその吸入空気量が多くなる。そこで、基本的には全気筒2に共通の目標空燃比を定め、各気筒毎に吸入空気量を検出して、この吸入空気量に応じて前記目標空燃比となるように気筒毎に排気還流量を制御するようにしている。つまり、各気筒2の吸入空気量に対するEGR量の割合の均一化を図る

のではなく、所定の空燃比を目標として気筒毎に排気還流量を制御しており、このことで、各気筒 2 の空燃比を均一かつ高精度に制御することができる。

【0062】具体的に、前記 ECU 35 には、アクセル開度 Acc 及びエンジン回転数 Ne の変化に対して、目標トルク $trqsol$ の最適値を実験的に決定して記録した二次元マップ 36 と、エンジン回転数 Ne、目標トルク $trqsol$ 及び新気量（吸入空気量のことであり燃料を含まない。以下、同じ。）FAir の変化に対して、目標燃料噴射量 Fsol の最適値を実験的に決定して記録した三次元マップ 37 と、エンジン回転数 Ne と目標トルク $trqsol$ の変化に対して、目標空燃比 A/Fsol の最適値を実験的に決定して記録した二次元マップ 38 とがそれぞれメモリ上に電子的に格納されている。

【0063】前記目標空燃比 A/Fsol が NOx の低減とスモークの低減とを両立させるように排気の還流量を決定するための制御目標値となるものである。すなわち、図 6 にディーゼルエンジンの空燃比と排気中の NOx 量との関係を例示するように、空燃比が上昇すると NOx 量が増大する傾向があるので、排気還流量を多くして空燃比を下げれば、NOx の発生を少なくすることができる。

【0064】しかし、図 7 に例示するように、同じエンジンの空燃比と排気中のスモーク値との関係によれば、空燃比がリッチ側に変化してある空燃比以下になると、スモーク量が急に増大することが分かる。つまり、NOx 量の低減のために排気の還流量を多くするといっても限度がある。そこで、この実施形態の制御装置 A では、排気中の NOx 量の低減とスモーク量の増大抑制との両立を図るために、前記目標空燃比 A/Fsol をスモーク量が急増し始める手前のできるだけリッチ側の値に設定している。

【0065】①燃料噴射制御

具体的に、まず、アクセル開度センサ 32 により検出されたアクセル開度 Acc とクランク角センサ 9 により検出されたエンジン回転数 Ne とを用いて、目標トルク演算部 41 において前記メモリ上の二次元マップ 36 を参照して目標トルク $trqsol$ を決定する。この目標トルク $trqsol$ と、エアフローセンサ 11 によって計測された新気量 FAir とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標噴射量演算部 42 において前記メモリ上の三次元マップ 37 を参照して目標噴射量 Fsol を決定する。そして、この目標噴射量 Fsol と後述の如く制御されたコモンレール圧力 CRP とに基づいて、各インジェクタ 5 の励磁時間を決定し、それぞれ制御する。前記目標トルク演算部 41 及び目標噴射量演算部 42 が噴射量制御手段 35 a に対応している。

【0066】②排気還流制御

一方、前記目標トルク演算部 41 において求められた目標トルク $trqsol$ とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標空燃比演算部 43 においてメモリ上の二次元マップ 38 を

参照して、前記の NOx 及びスモークの両立を図るための目標空燃比 A/Fsol を決定する。そして、この目標空燃比 A/Fsol と前記目標噴射量演算部 42 において求められた目標噴射量 Fsol とを用いて、目標新気量演算部 44 において目標新気量 FAsol を算出し ($FAsol = Fsol \times A/Fsol$)；この目標新気量 FAsol を目標として、新気量制御部 45 において新気量制御を行う。この新気量制御は新気供給量自体を直接調節するのではなく、排気の還流量を調節することによって新気量を変化させるものである。すなわち、新気の補正量を決定するのではなく、目標とする新気量 FAsol に基づいて EGR 弁 24 の操作量 EGRsol を決定し、その操作量 EGRsol に対応するように EGR 弁の開度を制御する。前記目標空燃比演算部 43、目標新気量演算部 44 及び新気量制御部 45 が排気還流制御手段 35 b に対応している。

【0067】③コモンレール圧制御

また、ECU 35 には、目標トルク $trqsol$ 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適なコモンレール圧力 CRPsol を記録した二次元マップ 50 がメモリ上に電子的に格納して備えられており、前記目標トルク演算部 41 において得られた目標トルク $trqsol$ とエンジン回転数 Ne とを用いて、コモンレール圧力演算部 46 において当該マップ 50 を参照して目標コモンレール圧力 CRPsol を演算し、これを用いてコモンレール圧力を制御する。

【0068】前記マップ 50 において、コモンレール圧力 CRPsol はエンジン回転数 Ne が高いほど高められるように、また、目標トルク $trqsol$ が大きいほど高められるように設定されている。これは、エンジン回転数 Ne が高いほどインジェクタ 5 の開弁時間を相対的に短くしなくてはならないので、噴射量を確保するために噴射圧を高める必要があるからである。一方、エンジン 1 の低回転域では、燃料をある程度の長い時間をかけて噴射して、気筒内の空気流動により燃料噴霧を大きく広げることが好ましいので、インジェクタ 5 の開弁時間を長くしており、それに併せて噴射圧を下げるようにしている。また、目標トルクに関しては、エンジン 1 への負荷が大きいほど燃料噴射量を多くする必要があるため、その噴射量を確保するために噴射圧を高めるようにしている。

【0069】④吸気絞り弁制御

ECU 35 には、目標燃料噴射量 Fsol 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適な目標吸気絞り量 THsol を記録した二次元マップ 51 をメモリ上に電子的に格納して備えており、前記目標噴射量演算部 42 において得られた目標噴射量 Fsol とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標吸気絞り量演算部 47 において当該マップ 51 を参照して目標吸気絞り量 THsol を演算し、これを用いて吸気絞り弁 14 の開度を制御する。前記目標噴射量演算部 42 が吸気絞り弁制御手段 35 d に対応している。

【0070】⑤VGT制御

さらに、ECU35には、目標トルク $trqsol$ 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適な目標過給圧力 $Boostsol$ を記録した二次元マップ52をメモリ上に電子的に格納して備えており、前記目標トルク演算部41において得られた目標トルク $trqsol$ とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標過給圧力演算部48において当該マップ52を参照して目標過給圧力 $Boostsol$ を演算する。そして、この目標過給圧力 $Boostsol$ と過給圧センサ10aにより検出された吸気絞り弁14下流の吸気通路10の吸気圧力 $Boost$ とを用いて、過給圧力制御部49において、吸気圧力 $Boost$ が目標過給圧力 $Boostsol$ になるようなターボ過給機25のフラップ21b、21b、…の開度 $VGTsol$ を演算し、これを用いてフラップ21b、21b、…を適正な開度になるように制御する。

【0071】（排気還流制御及び燃料噴射量制御の全体の流れ）次に、前記ECU35による排気還流及び燃料噴射量制御の全体的な流れを図8に基づいて説明する。この制御はメモリ上に電子的に格納された制御プログラムに従い、エンジン1の回転に同期して実行される。

【0072】まず、同図のステップS1～S3に示すように、エアフローセンサ11によって検出される吸入空気量及びクランク角センサ9によって検出されるクランク角度に基づいて、気筒毎に吸入空気量 $FAir$ が求められる。また、クランク角センサ9からの出力によって求められるエンジン回転数 Ne 、アクセル開度センサ32によって検出されるアクセル開度 Acc 及び前記吸入空気量 $FAir$ に基づいて、目標燃料噴射量 $Fsol$ が求められる（ステップS4～S6）。

【0073】続いて、アクセル開度 Acc 、エンジン回転数 Ne 等に基づいてエンジン1が低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるか、或いは加速運転状態にあるかの過渡判定が行なわれ（ステップS7）、定常運転時には基本目標空燃比が設定され、それに基づいて目標吸入空気量が求められて、EGR弁基本制御が行なわれ、さらに、この基本制御が気筒毎の吸入空気量 $FAir$ に基づく気筒毎のEGR弁制御によって補正される（ステップS8～S11）。一方、加速運転時には加速時の目標空燃比が設定され、加速時のEGR弁制御及び噴射量制御が行なわれる（ステップS12～S14）。

【0074】（気筒毎の吸入空気量の演算）前記エアフローセンサ11により検出された吸入空気流量は、例えば図9に示すようになっている。同図の斜線を入れた部分が吸気の逆流分であり、この逆流分を差し引いた積分値、即ち実際に各気筒2に吸入された吸入空気量が僅かながら変動していることが見てとれる。

【0075】図10に、前記エアフローセンサ11を用いた気筒毎の吸入空気量を算出するとき（図8のステップS1～S3）の具体的な制御手順を示す。すなわち、まずエアフローセンサ11により検出した吸入空気流量

を積分するとともに、そのときの経過時間を計測して、クランク角度が 180° CA変化する都度、その 180 度分の吸入空気流量の積分値 $Q (=FAir)$ を当該気筒(i)の吸入空気量 Qi とし、また、その所要時間（クランクタイム時間 T ）を当該気筒(i)のクランク間隔 Ti とする。そして、得られた4気筒の吸入空気量 Qi の平均値を基本吸入空気量 Qav として求める（ステップA1～A7）。尚、4気筒の各々には、便宜上、着火順の気筒番号「0, 1, 2, 3」を与えている。

【0076】また、当該気筒(i)の吸入空気量の変化率 $\Delta Qi = Qi - Qi-1$ 及びクランク間隔の変化率 $\Delta Ti = Ti - Ti-1$ を、当該気筒(i)よりも1つ前に吸気行程になる気筒(i-1)を基準として求め、続いて、吸気行程の時間を加味した吸入空気量の変化指数 $\Delta Qti = \Delta Qi / \Delta Ti$ を求める（ステップA8～A10）。ここで、 ΔTi を考慮するのは、トルク変動（クランク軸7の角速度変動）による外乱をできるだけ排除するためであり、この処理は特にトルク変動の大きなアイドル運転時に効を奏する。そして、この変化指数 ΔQti に基づいて各気筒毎の吸入空気量特性 $\Delta Qt'(i)$ を次式により求める（ステップA11）。

【0077】

$$\Delta Qt'(i) = \Delta Qti \times r + \Delta Qt'_{i-1} \times (1 - r)$$

但し、 $0 < r \leq 1$

ここで、 $\Delta Qt'_{i-1}$ は変化指数 ΔQti の前回値であり、前記の演算を繰り返し実行することで、当該気筒(i)の吸入空気量特性 $\Delta Qt'(i)$ に変化指数 ΔQti の今回値及び前回値がそれぞれ所定の割合で反映されていって、吸入空気量に関する気筒間の固体差が徐々に明瞭になっていく。

【0078】（過渡判定）図11に過渡判定（図8のステップS4～S7）の具体的な制御手順を示す。この過渡判定は加速判定であり、アクセル開度の変化による判定と、燃料噴射量の変化による判定とを行う。すなわち、エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行したときには、燃料噴射量の増量に応じて吸入空気量を増やす必要があるので、EGR弁24を速やかに閉じる側に作動させて、排気の還流量を減らすようにしており、そのようなEGR弁24の制御を実行するための過渡判定である。尚、車両の減速時には、一部の運転領域を除いて燃料噴射を中断し（フューエルカット）、そのときには、EGR弁24の開度は零として、排気還流を行わないようにしている。

【0079】具体的に、まずアクセル開度 Acc の変化に基づく判定手順として、アクセル開度 Acc とエンジン回転数 Ne と吸入空気量 Qav とを用いて、図5の三次元マップ37より燃料噴射量 F （＝目標噴射量 $Fsol$ ）を読み込むとともに、アクセル開度の今回値 Acc と前回値 Acc' とに基づいてその変化量 $\Delta Acc = Acc - Acc'$ を求める（ステップB1～B3）。一方、燃料噴射量 F とエンジン回転

数 N_e とを用いて二次元マップから加速判定基準 α_{cc} を読み込む(ステップB4)。

【0080】この加速判定基準 α_{cc} は、前記アクセル開度変化量 ΔAcc に基づいて加速判定をするためのものであり、例えばエンジン回転数 N_e が高いほど大きくなって加速と判定され難くなる一方、燃料噴射量 F が多いほど小さくなって加速と判定され易くなるというように燃料噴射量 F 及びエンジン回転数 N_e に対応づけて設定されていて、その設定されたマップがメモリ上に電子的に格納されている。また、低負荷運転時はもともと排気還流量が多いので、アクセル開度の増大変化(燃料噴射量の増量)が大きいときには速やかに排気還流量を低減しなくてはならない。そこで、前記 α_{cc} は燃料噴射量が多いほど小さくなるように設定されている。

【0081】そして、加速係数 $\alpha = \Delta Acc / \alpha_{cc}$ が1よりも大のときにエンジン1が加速運転状態にあると判定し、加速係数 α と別途、求めた目標空燃比 $TA/F (=A/F_{sol})$ とに基づいて、過渡時のEGR弁操作量 $K Tegr (=EGR_{sol})$ をマップから読み込む(ステップB5~B7)。すなわち、アクセル開度の増大変化が大きいほど排気の還流量を速やかに減らす必要があるので、そのために、前記のEGR弁操作量 $K Tegr$ のマップは、加速係数 α が大きくなるほどEGR弁24の開度が小さくなるようにその操作量が実験的に求められて設定され、メモリ上に電子的に格納されている。

【0082】続いて、燃料噴射量の変化に基づく加速判定を行う。前記アクセル開度に基づく加速判定の場合は、その判定に基づいて言わば見込みでEGR弁操作量を決定するのであるが、次の燃料噴射量に基づく加速判定の場合は、実際の加速要求を燃料噴射量に基づいてチェックし、その加速要求に見合った制御を行なうようにしている。

【0083】すなわち、燃料噴射量の今回値 F と前回値 F' とに基づいてその変化率 $\Delta F = F / F'$ を求め、燃料噴射量 F とエンジン回転数 N_e とを用いて二次元マップから加速判定基準 F_k を読み込む(ステップB8, B9)。この F_k も前記 α_{cc} と同様に設定されてメモリ上に電子的に格納されている。そして、噴射量変化係数 $B = \Delta F / F_k$ が1よりも大のときに加速運転状態と判定して、加速時の制御に進む一方、小のときには定常運転状態と判定して、定常時の制御に進む(ステップB10, B11)。

【0084】(定常時の制御) 定常時の制御は図12に示されており、エンジン回転数 N_e とアクセル開度 Acc とを用いて図5の二次元マップ36から目標トルク $T_{trq} (=T_{rqsol})$ を読み込み、この T_{trq} と N_e とを用いて二次元マップ38から目標空燃比 $TA/F (=A/F_{sol})$ を読み込んで、その目標空燃比 TA/F に燃料噴射量 F を乗算して、目標吸入空気量 $TQ (=FA_{sol})$ を算出する(ステップC1~C3)。

【0085】前記目標空燃比 TA/F は、上述の如く NO_x 低減とスモーク低減とを両立できるような値に設定されているが、その値はエンジン1の運転領域、即ちエンジン回転数 N_e 及びエンジントルク T_{trq} (換言すれば、燃料噴射量 F)に応じて少しずつ異なっている。例えば、ターボ過給機25により十分な過給が行なわれる運転領域では、吸気充填効率が高いため筒内圧縮温度も高くなる上、燃焼室4での空気流動が強くなって空気と燃料との混合状態も良好になり、スモークの生成が極めて少なくなる。従って、エンジン1の高回転域(過給圧が高くなる領域)と低回転域とでは前者の方が目標空燃比をより小さく(リッチ側に)設定することができる。

【0086】目標吸入空気量 TQ の算出に続いて、吸入空気量偏差 $Q_{err} = TQ - Q_{av}$ を求め、この偏差 Q_{err} が零になるようにPID制御則に従って基本EGR弁操作量 $Tegr (=EGR_{sol})$ を求める(ステップC4, C5)。すなわち、例えば、前記偏差 Q_{err} に比例制御動作の制御ゲイン(Pゲイン)を積算した比例制御項と、前記偏差 Q_{err} の積分値に積分制御動作の制御ゲイン(Iゲイン)を積算した積分制御項と、前記偏差 Q_{err} の微分値に微分制御動作の制御ゲイン(Dゲイン)を積算した微分制御項とを合算して、基本EGR弁操作量 $Tegr$ を決定する。ここで、前記比例制御動作の制御ゲインは基本となる値にゲイン係数 K を乗算して得られるもので、後述の如くゲイン係数 K を減少又は増大補正することで、制御の応答性や収束性を変えることができるようになっている。

【0087】基本EGR弁操作量 $Tegr$ の決定に続いて、アクセル開度変化量 ΔAcc の絶対値が所定の閾値 Th_{acc} よりも小さい状態が所定数 n サイクル連続し且つ燃料噴射が行なわれている、という定常運転状態の確認の条件をチェックする(ステップC6)。そして、定常運転状態が確認されると、各気筒毎に順番に($i = 0, 1, 2, 3$)、先に求めた吸入空気量特性 $\Delta Q_{t'}(i)$ とEGR補正ゲイン $E(i)$ とに基づいて気筒毎のEGR弁補正操作量 $\Delta Tegr(i)$ を算出する(ステップC7)。すなわち、

$$\Delta Tegr(i) = \Delta Q_{t'}(i) \times E(i) + \Delta Tegr(i)'$$

但し、 $\Delta Tegr(i)'$ は当該気筒(i)のEGR弁補正操作量の前回値である。そして、前記演算において $\Delta Q_{t'}(i)$ の値自体は強調されたものであるが、その演算を繰り返すことで、EGR弁補正操作量は徐々に気筒間の固体差に応じた適切な値に到達する。

【0088】このようにして、例えば、 $i = 0, 1, 2, 3$ の順番に4気筒すべてのEGR弁補正操作量を求めた後、気筒番号 $i = 3$ になれば(ステップC8)、その4気筒分のEGR弁補正操作量の平均値 $\Delta Tegr_{-av}$ を求める。この平均値は本来は零になるべきものであるが、前記ステップC7の演算を行なうと、種々の要因でその平均値がマイナス又はプラスになってしまい、基本

EGR弁操作量Tegrを基準として各気筒2のEGR弁操作量を補正制御するという本来の目的が損なわれる。そこで、前記平均値 $\Delta Tegr\text{-av}$ がマイナスになれば、その絶対値を前記各気筒2の $\Delta Tegr(i)$ に加算し、反対にプラスになれば減算することで、平均値 $\Delta Tegr\text{-av}$ を零に補正する(ステップC9)。

【0089】そして、このようにして得られた $\Delta Tegr(i)$ を前記基本EGR弁操作量Tegrに加えて、各気筒2のEGR弁操作量Tegr(i)を求め(ステップC10)、図13のステップD1へ進む。

【0090】(加速係数 α に基づく加速判定時の制御)一方、前記図11のステップB6において加速判定がなされたときには、ステップB7で求められる過渡時の目標EGR弁操作量KTegrは、加速係数 α 及びTA/Fの大きさに応じて異なり、加速係数 α が所定以上に大きいときにはEGR弁24の開度は零とされる。すなわち、運転者の加速要求が大きい場合には、排気の還流が行なわれなくなり、各気筒2の吸入空気量が最大限に大きくなるので、スモーク量の増大を抑えつつ、燃料噴射量を増量してエンジン出力を高めることができるようになる。

【0091】また、その場合には、EGR弁24に対しプリセットを与える制御を行ない、エンジン1が前記加速運転状態から再び定常運転状態に移行するときに、排気還流制御に速やかに移行できるようにする。すなわち、EGR弁24によりEGR通路23を閉じたとき、弁本体24cがスプリング24dによって弁座に押圧される力ができるだけ小さくなるような、ひいては押圧力が零となるような所定のEGR弁駆動負圧(プリセット負圧)を負圧室に作用させて、スプリング24dによる閉方向の押圧力とEGR弁駆動負圧とを釣り合わせるようにしている。このプリセット負圧は、図4(b)に示すように、EGR弁24を閉方向に制御しEGR弁リフト量が零に到達した時点のEGR弁駆動負圧である。

【0092】具体的に、EGR弁24にプリセット負圧を与えるための制御フローは、図13に示すようになる。すなわち、まず、EGR弁操作量Tegrが、EGR弁24のリフト量が零となる操作量であるときは、リフトセンサ26の値EGRVliftを読み込む(ステップD1、D2)。そして、この値EGRVliftがリフト量零に対応する値EGRV0よりも大きいときには、その値EGRV0と等しくなるまでEGR弁制御を行なって(ステップD3、D4)、前記EGR弁駆動負圧をプリセット負圧EGRV0になるまで低下させる。

【0093】一方、前記ステップD1において、EGR弁操作量Tegrが前記のリフト量零に対応する操作量でないときには、前記ステップD2、D3の手順は行わずに、通常のEGR弁制御を実行して(ステップD1→D4)、しかる後にリターンする。

【0094】(噴射量変化係数 β に基づく加速判定時の制御)また、図11のステップB11において加速判定

がなされたときには、図14の各ステップに示すように、まず、噴射量変化係数 β 、燃料噴射量F及びエンジン回転数Neを用いて、これらの変化における最適な過渡時目標空燃比KTA/F(=A/Fsol)を記録した三次元マップからKTA/Fを読み込む(ステップG1)。この過渡時目標空燃比KTA/Fは、排気の還流量を低下させてスモークの生成を抑えながら速やかにエンジン出力を高めることができるように、定常時の目標空燃比TA/Fよりもリーン側に設定されている。前記三次元マップは、図10

示さないが、燃料噴射量Fが少ないほど、また噴射量変化係数 β が大きいほど、さらにはエンジン回転数Neが低いほどそれぞれリーン側になるように、それぞれの値の変化に対する最適なKTA/Fの値を実験的に求めて記録したものであり、メモリ上に電子的に格納されている。【0095】続いて、前記の過渡時目標空燃比KTA/Fと燃料噴射量Fとに基づいて、過渡時の目標吸入空気量TQ(=FAsol)を算出する(ステップG2)。そして、このTQに基づいて先の定常運転時と同様にEGR弁操作量を決定し、排気の還流量を速やかに減らして、吸入空気量を増大させるようにしている(以下のステップG5に続く図12のステップC4~C6、図13のステップD1~D4)。

【0096】このように過渡時目標空燃比KTA/Fを定常時よりもリーン側に設定していても、エンジン1が加速運転状態に移行したときには、各気筒2の燃焼室4に噴射される燃料が一時的に過大になる虞れがある。そこで、このフローでは燃料の増量を抑制すべく一定の制限を設けている。すなわち、燃料噴射量Fとエンジン回転数Neのマップから限界空燃比LimitA/Fを読み込む(ステップG3)。そして、得られた限界空燃比LimitA/Fと現在の吸入空気量Q(i)とに基づいて燃料噴射量のリミット値FLimitを算出し、基本噴射量F、リミット値FLimit及び最大噴射量Fmaxのうちの最も少ない値を目標噴射量TFとして設定して、図12のステップC4へ進む(ステップG4、G5)。

【0097】前記限界空燃比LimitA/F、過渡時の目標空燃比KTA/F及び定常時の目標空燃比TA/Fの関係は図15に示す通りであり、定常時の目標空燃比TA/Fよりもリーン側に過渡時の目標空燃比KTA/Fが設定され、反対に定常時の目標空燃比TA/Fよりもリッチ側に限界空燃比LimitA/Fが設定されている。この限界空燃比LimitA/Fに対応する限界スモーク量は、定常時の限界スモーク量よりもやや多く、例えば2BU程度のスモーク量とされている。また、限界空燃比LimitA/Fは、基本的には燃料噴射量が多いほどリーン側に、また、エンジン回転数が高いほどリッチ側に設定することができ、燃料噴射量Fとエンジン回転数Neの変化に対して、実験的に求められた最適な値がメモリ上に電子的に記録されている。

尚、基本噴射量Fは、エンジン回転数Neとアクセル開度Accとによって定まる燃料噴射量であり、最大噴射量Fm

axはエンジン1の破壊を招かない燃料噴射量の上限值である。

【0098】(吸気絞り弁制御)次に、ECU35による吸気絞り弁制御について、具体的に図16及び図18に示すフローチャート図に基づいて説明する。この制御は排気還流制御と同様、メモリ上に電子的に格納された制御プログラムに従ってエンジン1の回転に同期して実行される。

【0099】まず、前記排気還流制御と同様にアクセル開度Acc及びエンジン回転数Neを検出し、燃料噴射量Fを読み込み(ステップH1~H3)、続いて、アクセル開度センサ32からの出力信号に基づいて、アクセル戻し状態かどうかを判定する(ステップH4)。すなわち、アクセル操作量が所定以上、急に減少して、アクセル開度が略零になったYESならば、ステップH5に進んで、アクセル戻し判定フラグFlagの値をFlag=1とし、続くステップH6で、アクセル戻し状態が判定されてからの経過時間を計測するためのカウンタをリセットして(Tup=0)、その後、ステップH9に進む。

【0100】一方、前記ステップH4でアクセル戻し状態でないNOと判定されて進んだステップH7では、前記アクセル戻し判定フラグFlagの値が1であるか否かを判別し、Flag=0でNOであれば後述のステップH12に進む一方、Flag=1でYESであればステップH8に進んで、前記カウンタの値をインクリメントして(Tup=Tup+Δt)、ステップH9に進む。

【0101】このステップH9では、前記カウンタ値Tupが予め設定した所定時間に対応する所定値Tup1以下であるか否かを判定し、カウンタ値Tupが所定値Tup1よりも大きいNOと判定されれば、ステップH11に進む一方、カウンタ値Tupが所定値Tup1以下でYESであれば、即ち、アクセル戻し状態が判定されてから所定時間が経過するまでの間は、ステップH10に進んで、EGR弁の制御ゲインを補正するためのゲイン補正係数 γ_1 を二次元マップから読み込む。

【0102】この二次元マップは、アクセル戻し状態に対応してEGR弁制御の応答性が高まるように、前記ゲイン補正係数 γ として相対的に大きな値 γ_1 を設定したもので、図17に例示するように、吸気絞り量TH及びエンジン回転数Neに対応する最適なゲイン補正係数値 γ_1 を実験的に決定して記録したものである。 γ_1 の値は $0 < \gamma_1 < 1$ の範囲でエンジン回転数Neが高いほど、また吸気絞り量THが大きいほど小さくなるように設定されている。尚、このステップで用いる吸気絞り量THは、前回の制御サイクルで設定された値である。

【0103】一方、前記ステップH9においてカウンタ値Tupが所定値Tup1よりも大きいNOと判定されて進んだステップH11では、アクセル戻し判定フラグをクリアする(Flag=0)。すなわち、アクセル戻し状態が判定されてから前記所定時間が経過すれば、その次の制

御サイクルにおけるステップH7でNOと判定されてステップH12に進むことになり、このステップH12では、前記二次元マップ(図17参照)と同様の別の二次元マップからゲイン補正係数 γ_2 を読み込む。この別の二次元マップは、アクセル戻し状態でない通常時のゲイン補正係数 γ_2 を設定したもので、マップの全設定領域において、 $\gamma_2 < \gamma_1$ になっている。

【0104】前記ステップH10、11、12に続いて、図18のフローチャート図におけるステップH13では、エンジン1がアイドル運転状態にあるかどうかを判定する。すなわち、アクセル全開でかつ車両の走行速度が零のアイドル運転状態でYESならば後述のステップH17に進む一方、アイドル運転状態でないNOならばステップH14に進み、吸気絞りマップをサーチする。この吸気絞りマップは図5のマップ51に相当するものであるが、詳しくは図19に示すように、燃料噴射量F及びエンジン回転数Neに対応する最適な吸気絞り量TH(=THsol)が実験的に決定されて記録されたデジタルの二次元マップである。

【0105】このマップによれば、エンジン1が高回転域ないし高負荷域にあって、燃料噴射量Fないしエンジン回転数Neが大きければ、吸気絞り量THが零に設定されて、吸気絞り弁14が全開状態に制御される。すなわち、エンジン1の高回転域では吸排気間の差圧が高いことから、排気還流量が多くなって吸入空気量が不足しやすく、また、高負荷域では燃料噴射量が多くなって、相対的に吸入空気量が不足しやすいので、前記吸気絞りマップによれば、エンジン1の高回転域ないし高負荷域で吸気絞り弁14を全開状態に制御して、吸入空気量の不足に起因するスモーク増大を防止するようにしている。

【0106】また、前記マップによれば、高回転域ないし高負荷域を除いた相対的に低負荷の運転状態で、吸気絞り量THは、燃料噴射量Fが小さいほど、またエンジン回転数Neが低いほど大きくなるように設定されている。すなわち、エンジン回転数Neが低いほど吸排気間の差圧が小さくなるので、これに対応して吸気絞り弁14の開度を小さく制御するようにして、吸排気間の差圧を高めて排気の還流量を十分に確保できるようにしている。

【0107】前記ステップH14に続いて、ステップH15では、アクセル戻し判定フラグFlagの値と吸気絞りマップのサーチ結果とに基づいて、吸気を絞るかどうかを判定する。すなわち、Flag=0であるか、或いはFlag=1であってもエンジン1が高負荷ないし高回転運転状態になっていて、吸気を絞らないNOであれば、ステップH19に進む一方、Flag=1であってかつ前記以外の運転状態で、吸気を絞るYESであれば、ステップH16に進み、吸気絞りマップから読み込んだ値に従って吸気絞り量THを設定する。また、前記ステップH14において、アイドル運転状態でYESと判定されて進んだステップH17では、アイドル運転状態に対応して、吸気

絞り弁 14 が全閉になるように吸気絞り量 TH を設定する。

【0108】そして、前記ステップ H16 又は H17 に続くステップ H18 では、それらの各ステップで設定された吸気絞り量 TH に基づいて、負圧制御用の電磁弁 16 に制御信号を出力して、吸気絞り弁 14 の開度制御を実行する。続いて、ステップ H19 では、前記ステップ H10 又はステップ H12 のいずれか読み込んだゲイン補正係数 γ に基づいて、EGR 弁制御における制御ゲインの値を決定するゲイン係数 K を演算して、しかる後にリターンする。

$$【0109】K = K \times (1 + \gamma)$$

ここで、アクセル戻し状態に対応するゲイン補正係数 γ 1 が読み込まれている場合、 γ 1 の値が γ 2 の値よりも大きい分だけ、ゲイン係数 K が通常の運転状態よりも増大され、上述の EGR 弁制御（図 12 参照）における比例制御ゲインが大きくなって、EGR 弁 24 の作動応答性が高められる。つまり、アクセル戻し状態が判定されたときから所定時間が経過するまでの間は、アクセル操作量が急変しているような状況であり、その変化に遅れないように EGR 弁 24 の作動応答性を高めることができる。尚、前記所定時間は、例えばマニュアルトランスミッションの変速操作に対応する比較的短い時間（例えば 1～2 秒）とすればよく、その短い時間、制御の収束性が悪化してもあまり問題はない。

【0110】上述の如き吸気絞り弁制御によれば、例えばエンジン 1 がアイドル運転状態にあって、車両の発進のためのアクセルペダルの踏み込みが予測されるときに、吸気絞り弁 14 が全閉状態にされ、吸排気間の差圧が高められることで、EGR 弁 24 の開度が相対的に小さく（例えば半分くらい開いた状態に）される。そして、車両の発進に伴い、エンジン 1 が定常運転状態から加速運転状態に移行すると、吸気絞り弁 14 が速やかに開作動されるとともに、燃料噴射量の増量に伴い EGR 弁 24 も閉じる側に作動されることになるが、上述の如く EGR 弁 24 の開度が予め小さくされているので、その EGR 弁 24 の開作動の遅れを軽減して、空燃比の一時的なリッチ化を抑えることができる。よって、車両の発進時のスモーク発生を軽減することができる。

【0111】（燃料噴射時期の設定）本発明の特徴は、上述の如く排気還流量の調節による間接的な空燃比制御が行われているディーゼルエンジンにおいて、排気中の NOx 低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立させるために、各気筒 2 の圧縮行程で燃料を早期及び後期の 2 回に分けて噴射（以下、多段噴射という）させるようにしたことにある。

【0112】すなわち、この実施形態では、図 20 に例示するように、燃料の多段噴射を行う領域（I）（同図に斜線を入れて示す領域）と、燃料を一括して噴射する領域（II）と、その一括噴射に加えてパイロット噴射を

行う領域（III）とが、予めエンジン回転数 Ne 及び燃料噴射量 F に応じて領域判定マップ 53 として設定されていて、エンジン回転数 Ne 及び燃料噴射量 F により求められるエンジンの運転状態に応じて、燃料噴射の形態が切換えられるようになっている。

【0113】より具体的に、エンジン 1 の低回転及び中負荷以上の運転領域（I）では、図 21（a）に例示するように、インジェクタ 5 からの燃料噴射を各気筒 2 の圧縮行程中期（図例では BTDC 90° CA）での早期噴射と、圧縮上死点近傍（図例では ATDC 2° CA）での後期噴射とに分けて実行させる。また、それ以外の運転領域（II）及び（III）では、同図（b）に例示するように各気筒 2 の圧縮上死点近傍（図例では ATDC 4° CA）で、インジェクタ 5 から燃料を 1 回の主噴射で一括して噴射させるようにしており、その中でも特に、例えばエンジンのアイドル運転状態に相当する運転領域（III）においては、その主噴射の直前に所定量の燃料を噴射するパイロット噴射も行っている。

【0114】次に、前記 ECU 35 による燃料噴射時期制御の処理手順を図 22～24 に示すフローチャート図に基づいて具体的に説明する。この制御は、前記吸気絞り弁制御等と同様、メモリ上に電子的に格納された制御プログラムに従って、クランク角センサ 9 からの出力信号に同期して所定クランク角毎に実行される。

【0115】まず、図 22 に示すように、スタート後のステップ J1、ステップ J2 において排気還流制御等と同様にしてそれぞれアクセル開度 Acc 及びエンジン回転数 Ne を検出し、続いて、水温センサからの出力信号に基づいてエンジン水温を読み込み、さらに、燃料噴射量 F 及びコモンレール圧力 CRP を読み込む（ステップ J3～J5）。続いて、ステップ J6 では、エンジン回転数 Ne 及び燃料噴射量 F に対応するエンジン 1 の運転状態を領域判定マップ 53 から読み込み、続くステップ J7 において、エンジン 1 の運転状態が該領域判定マップ 53 における低回転及び中負荷以上の運転領域（I）にあるかどうかを判定する。この判定が YES のときには、図 23 に示すステップ J8 に進む一方、エンジン 1 の運転状態が前記運転領域（I）にない NO と判定されれば、図 24 に示すステップ J15 に進む。

【0116】図 23 のステップ J8 では、コモンレール圧力 CRP 及び燃料噴射量 F に基づいて、これらの値に対応する燃料噴射パルス幅 Wall をメモリ上のマップから読み込む。この噴射パルス幅 Wall は、各気筒 2 の圧縮行程で燃料を早期噴射及び後期噴射の 2 回に分けて多段噴射する場合に、その 2 回分の噴射パルス幅を合わせたものに相当する。また、前記マップは、コモンレール圧力 CRP 及び燃料噴射量 F の変化に対応する噴射パルス幅 Wall の最適な値を実験的に求めて記録したものであり、このマップでは、噴射パルス幅 Wall は燃料噴射量 F が大きいほど長く、またコモンレール圧力 CRP が高い

ほど短くなるように設定されている。

【0117】続いて、ステップJ9では、前記ステップJ8で求めた噴射パルス幅W₁に基づいて後期噴射のパルス幅W₂を決定する。この後期噴射のパルス幅W₂は、噴射パルス幅W₁に対応する最適な値が実験的に求められて、マップとしてメモリに格納されており、このマップから読み込まれる。そのマップによれば、W₁が相対的に小さい範囲でW₂はW₁に等しくなる一方、W₁が相対的に大きな範囲では、W₂はW₁の増加とともに増大するもののその増大割合は徐々に小さく
10 になって、最終的にはW₁の約半分くらいになるように設定されている。

【0118】続いて、ステップJ10では、エンジン水温及びコモンレール圧力CRP等に基づいて、後期噴射タイミングT_{W2}を決定する。この後期噴射タイミングT_{W2}は、エンジン水温、エンジン回転数Ne及びコモンレール圧力CRPに対する最適な値が実験的に求められてマップとして記録されており、このマップから読み込まれる。そのマップによれば、噴射タイミングはエンジン水温が低いほど、またエンジン回転数Neが低いほど早められる
20 一方、コモンレール圧力CRPが高いほど遅くなるように設定されている。これは、エンジン水温が異なれば燃料噴霧の着火遅れ時間が異なり、またコモンレール圧力CRPの変化によって燃料噴霧の貫通力が変化するので、それらの変化に伴い最適な噴射タイミングが変化するためである。

【0119】続いて、ステップJ11において、後期噴射の噴射パルス幅W₂及び噴射タイミングT_{W2}を設定する。尚、この噴射タイミングT_{W2}は燃料噴射を終了する
30 タイミングであり、噴射を開始するタイミングは前記噴射タイミングT_{W2}を基礎として、噴射パルス幅W₂が長いほど早められる一方、噴射パルス幅W₂が短いほど遅くされる。続いて、ステップJ12では、噴射パルス幅W₁から後期噴射のパルス幅W₂を減算して、早期噴射の噴射パルス幅W₁を算出する。そして、ステップJ13では、前記ステップJ10と同様にエンジン水温及びコモンレール圧力CRP等に基づいて、マップから早期噴射タイミングT_{W1}を読み込み、続くステップJ14では、早期噴射の噴射パルス幅W₁及び噴射タイミングT_{W1}を設定して、しかる後にリターンする。

【0120】つまり、エンジン1の運転状態が低回転及び中負荷以上の運転領域(I)にあるとき、多段噴射の実行判定がなされて、各気筒2の圧縮行程で燃料を早期及び後期の2回に分けて噴射させるようにしている。

【0121】これに対し、前記ステップJ7でエンジン1の運転状態が運転領域(II)にない、即ち運転領域(II)又は(III)にあると判定されて進んだステップJ15(図24参照)では、コモンレール圧力CRP及び燃料噴射量Fに基づいて、ステップJ8と同様のマップから主噴射パルス幅W_mを読み込む。この主噴射パルス
40

幅W_mは、各気筒2の圧縮上死点近傍で燃料を一括して噴射する主噴射のためのものである。続いて、ステップJ16において、エンジン水温及びコモンレール圧力CRP等に基づいて、ステップJ10と同様のマップから主噴射タイミングT_mを読み込み、続くステップJ17では、主噴射パルス幅W_m及び主噴射タイミングT_mを設定して、ステップJ18に進む。尚、この主噴射タイミングT_mも燃料噴射を終了するタイミングである。

【0122】続いて、ステップJ18、J19では、今度はパイロット噴射の実行判定を行う。すなわち、ステップJ18では、エンジン回転数Ne及び燃料噴射量Fに対応するエンジン1の運転状態を領域判定マップ53から読み込み、続くステップJ19で、エンジン1の運転状態が運転領域(III)にあるかどうかを判定する。この判定がNOのとき、即ち運転領域(II)にあるときには、パイロット噴射は行わずにリターンする一方、判定がYESのときにはステップJ20に進んで、ステップJ8、J15と同様にして、マップからパイロット噴射パルス幅W_pを読み込む。このマップでは、パイロット
20 噴射パルス幅W_pは主噴射パルス幅W_mの約10%程度とされるときともに、コモンレール圧力CRPが高いほど短くなるように設定されている。

【0123】続いて、ステップJ21では、前記パイロット噴射パルス幅W_pと主噴射の噴射タイミングT_mとに基づいて、パイロット噴射の実行時期T_pを演算する。すなわち、パイロット噴射の終了後に所定間隔を空けて主噴射が開始されるようなパイロット噴射タイミングT_pを求める。そして、ステップJ22では、パイロット噴射の噴射パルス幅W_p及び噴射タイミングT_pを設定して、しかる後にリターンする。
30

【0124】つまり、エンジン1の運転状態が運転領域(II)又は(III)にあるときには、各気筒2の圧縮上死点近傍での1回の主噴射により、燃料を一括して噴射させるようにしており、特に運転領域(III)、即ちエンジン1が例えばアイドル運転状態になっているときには、パイロット噴射により前記主噴射の予混合燃焼における燃焼圧力及び燃焼温度の急な立ち上がりやを和らげて、エンジン1の騒音を低減させるようにしている。

【0125】前記図23に示すステップJ8～J14の各ステップにより、エンジン1が低回転及び中負荷以上の運転領域(I)にあつて排気還流が行われているときには、インジェクタ5による燃料噴射を、気筒2の圧縮行程中期での早期噴射と圧縮上死点近傍での後期噴射との2段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35cが構成されている。

【0126】次に、この実施形態1に係る制御装置Aの作用効果を、図26及び図27に基づいて説明する。

【0127】この実施形態では、エンジン1の運転状態が低回転及び中負荷以上の運転領域(I)にあるときに、各気筒2の圧縮行程中期で1回の燃焼サイクルにお
50

ける総噴射量のうちの略 1/3 以上の燃料が早期噴射される。この早期噴射された燃料は、気筒内の空気の流動によって空気と混合されかつ十分に気化霧化して、ピストン 3 の上昇に伴う気筒内圧の上昇と共に周囲の酸素と徐々に反応する。そして、圧縮行程終期に燃焼室全体の温度がいわゆる自己着火温度に達すると、爆発的に燃焼する。一方、圧縮上死点近傍では残りの燃料が後期噴射され、この後期噴射の燃料噴霧は極く僅かな着火遅れ期間を経て急速に燃焼する。

【0128】このような多段噴射による燃焼によれば、まず、早期噴射された燃料噴霧が相対的に大きく広がって空気と混合され、かつ十分に気化霧化して良好に燃焼するので、燃焼室 4 の空気利用率が極めて高くなる。しかも、その燃料噴霧は周囲の酸素と徐々に反応しながら爆発的な燃焼状態へと移行してゆくので、自己着火後の予混合燃焼が過度に激しくことがない。すなわち、燃料の多段噴射を行ったときには、例えば図 25 に実線で示すように、各気筒 2 の筒内圧力 P は圧縮上死点 (TDC) の手前で一括噴射の場合 (同図に破線で示す) よりも高くなり、その後、爆発的な燃焼により立ち上がってピーク値となるが、そのピーク値が一括噴射の場合に比べて低くなっている。しかもその燃焼圧力の立ち上がりも一括噴射の場合に比べて緩やかになる。よって、 NO_x の生成を大幅に低減できる。

【0129】一方、そのようにして多くの燃料を早期噴射した結果、1 回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量 F の総量がかかなり多くても、後期噴射の噴射量はあまり多くはならず、しかもその後期噴射の燃料噴霧は既に燃焼が始まっている高温高压の燃焼室 4 へ噴射されるので、速やかに気化霧化されて急速にかつ良好に燃焼される。このことで、燃料噴射量 F が多いにも拘わらずスモーク増大が抑制される。

【0130】図 26 は、前記多段噴射による NO_x 及びスモークの低減を確かめるために本発明者が行った実験結果の一例を示すものである。その実験ではこの実施形態と略同じ構成の直列 4 気筒直噴式ディーゼルエンジンを用い、低回転かつ中負荷の一定の運転条件の下で EGR 率を所定範囲内で変化させながら、燃料を多段噴射する場合と一括噴射する場合のそれぞれについて排気中の NO_x 濃度とスモーク濃度とを計測している。また、この実験の際の EGR 率の変化に対する燃費率の変化を計測した結果は図 27 に示されている。

【0131】前記図 26 によれば、燃料を多段噴射した場合には、一括噴射の場合に比べて NO_x 濃度が大幅に低くなっており、またその際 EGR 率が同図に示す点 X に対応する値よりも低くなっていれば、スモークも低減できることが分かる。すなわち、燃焼室への排気の還流量をあまり多くする必要のない場合には、燃料の多段噴射と EGR 率の制御とを組み合わせることで、スモーク増大を招くことなく NO_x を大幅に低減することや、N

O_x 及びスモークを両方共に減らすことができるのである。

【0132】したがって、この実施形態では、エンジン 1 の低回転及び中負荷以上の運転領域 (I) における大気への NO_x 排出量を、燃料の多段噴射によって大幅に低減することができる。しかも、それと同時に排気還流制御における空燃比の目標値を従来よりも大きく (リーン側に) して、同じ運転状態のときの排気の還流量を従来よりも減らすようにすることで、排気中のスモークも低減できる。よって、排気中の NO_x 低減及びスモーク低減を従来よりも高い次元で両立させることができる。

【0133】特に、この実施形態の場合、EGR 通路 23 との接続部よりも上流側の吸気通路 10 に吸気絞り弁 14 を設け、この吸気絞り弁 14 をエンジン 1 の低回転低負荷運転状態で所定量閉じて、吸気通路 10 内の負圧を大きくさせるようにしている。そのため、例えば車両の発進時にエンジン 1 が前記低回転低負荷の運転状態から加速運転状態に移行したときには、前記吸気絞り弁 14 により吸気通路 10 の吸気の流通抵抗が増大しているため、燃焼室 4 への吸入空気量が不足して、スモークが増大する虞れが極めて強い。従って、そのような場合に排気還流量を減少させるとともに、燃料の多段噴射を実行して、スモークを抑制しつつ NO_x を低減できることが、極めて有効になる。

【0134】また、この実施形態のディーゼルエンジン 1 には、排気流により駆動されて吸気を圧縮するターボ過給機 25 が設けられており、ターボ過給機のないものに比べて気筒 2 の圧縮比が低く設定されているので、過給圧の低いエンジン低回転域における吸気充填効率の低下が著しい。そのため、例えば車両の発進時にエンジン 1 が加速運転状態に移行したときには、燃焼室 4 における吸入空気量不足が甚だしく、このことがスモーク増大を招くことになる。従って、車両の発進時等に排気還流量を減少させ、かつ燃料の多段噴射を実行することによって、スモークを抑制しつつ NO_x を低減できることは、極めて有効である。

【0135】さらに、この実施形態では、エンジン 1 の運転状態が、低回転及び中負荷以上の運転領域 (I) 以外の運転領域 (II) にあるときには、燃料噴射を通常通り圧縮上死点近傍で一括して実行させるようにしている。すなわち、燃料の多段噴射を実行すると、早期噴射された燃料の燃焼力の一部がいわゆる逆駆動力になるので、前記図 27 に示すように、EGR 率に拘わらず一括噴射の場合よりも燃費率が悪化する。そこで、前記運転領域 (I) では排気の清浄化を優先して、多段噴射をする一方、運転領域 (II) では一括噴射とすることによって、多段噴射に伴う燃費の悪化を抑制することができる。

【0136】(実施形態 1 の変形例) 上述の如く前記実

施形態 1 では、エンジン 1 の低回転及び中負荷以上の運転領域 (I) で燃料の多段噴射を実行するようにしているが (図 22 のステップ J 6、J 7)、多段噴射を実行するかどうかは、主に燃焼室 4 の空燃比に基づいて判定するようにしてもよい。

【0137】具体的に、例えば図 28 のフローチャート図に示すように、ステップ J 1 ~ J 5 の各ステップにおいて、実施形態 1 と同様にアクセル開度 Acc、エンジン回転数 Ne、エンジン水温、燃料噴射量 F 及びコモンレール圧力 CRP を入力し、さらに、ステップ J 6 1 において、エアフローセンサ 11 からの出力信号に基づいて求められる吸入空気量 Qi を読み込み、続くステップ J 6 2 において前記吸入空気量 Qi を燃料噴射量 F で除算して、実空燃比 A/F を算出する。

【0138】続いて、ステップ J 6 3 では、図 29 に例示するような領域判定マップ 54 において、エンジン回転数 Ne 及び実空燃比 A/F に基づいて、燃料の多段噴射を行う運転領域 (ア) (同図に斜線を入れて示す領域) であるか、又は燃料を一括して噴射する運転領域 (イ) であるかを判定する。そして、エンジン 1 の運転状態が運転領域 (ア) にある YES ならば、図 23 のステップ J 8 に進んで、燃料の多段噴射を実行する一方、運転領域 (イ) にある NO ならば、図 24 のステップ J 15 に進んで、燃料の一括噴射を実行する。

【0139】前記領域判定マップ 54 は、予めエンジン回転数 Ne 及び空燃比 A/F に応じて前記運転領域 (ア)、(イ) を設定したもので、エンジン回転数 Ne が高くなるに従い徐々に値が小さくなるように設定した空燃比の境界値 (設定値) A/F^* に対して、 $A/F \geq A/F^*$ の側が燃料の多段噴射を行う運転領域 (ア) とされ、反対側が燃料を一括して噴射する運転領域 (イ) とされている。ここで、燃焼室 4 の空燃比 A/F は排気の還流量の調節によって間接的に制御されているので、前記領域判定マップ 54 において $A/F \geq A/F^*$ になるということは、すなわち EGR 率が所定値以下になっていることと対応している。

【0140】つまり、この変形例によれば、例えば図 26 のグラフにおける点 X に対応する EGR 率を基準値とし、この基準値に対応するように前記空燃比の境界値 A/F^* を設定するようにすれば、エンジン 1 の実際の EGR 率が前記基準値以下になっているときに、燃料の多段噴射を行うようにすることができる。そのようにすれば、同図にも明らかなように、前記実施形態 1 と同様に排気中の NOx 低減及びスモーク低減を高い次元で両立させることができる。

【0141】また、反対に空燃比 $A/F < A/F^*$ となる運転領域 (イ) では、燃料を一括して噴射するようにしており、このことで、前期実施形態 1 と同様に多段噴射に伴う燃費の悪化を抑制することができる。

【0142】尚、前記領域判定マップ 54 において、境

界値 A/F^* の値がエンジン 1 の高回転側ほど小さくなっているのは、エンジン 1 の低回転域で気筒 2 の吸気充填効率が低下していることや、高回転域では低回転域に比べて EGR 率を高めても燃焼安定性が損なわれないことによるものである。

【0143】(実施形態 2) 図 30 は本発明の実施形態 2 における燃料噴射時期制御の具体的な処理手順を示す。この実施形態 2 に係る筒内噴射式エンジンの制御装置 A の構成は実施形態 1 のものと同様なので、実施形態 1 と同じ構成要素については同一符号を付して、その説明は省略する。

【0144】そして、この実施形態 2 の制御装置 A は、エンジン 1 が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに排気の還流量を減らすとともに燃料の多段噴射を実行することで、排気中の NOx を従来よりも低減しつつ、加速初期におけるスモーク増大の抑制を図るようにしたものである。

【0145】具体的には、まず、図 30 のステップ L 1 ~ L 5 の各ステップにおいて、前記実施形態 1 の燃料噴射制御におけるステップ J 1 ~ J 5 の各ステップ (図 22 参照) と同じくアクセル開度 Acc、エンジン回転数 Ne、エンジン水温、燃料噴射量 F 及びコモンレール圧力 CRP を入力する。続いて、ステップ L 6 では、排気還流制御における過渡判定 (図 11 参照) と同様にして、エンジン 1 が加速運転状態になったか (加速開始か?) どうかを判定する。すなわち、アクセル開度の変化に対応する加速係数 α と燃料噴射量の変化に対応する噴射量変化係数 β とに基づいて、 $\alpha \leq 1$ かつ $\beta \leq 1$ の定常運転状態から $\alpha > 1$ 又は $\beta > 1$ に変化して、加速運転状態になった YES と判定されたとき、ステップ L 7 に進む一方、それ以外の場合、即ち前記定常運転状態であるか又は継続して加速運転状態になっていれば、ステップ L 10 に進む。

【0146】ステップ L 7 では、エンジン 1 が加速運転状態に移行したときに多段噴射を行う期間であることを示す多段噴射実行フラグ Flagsp の値を 1 とし (Flagsp = 1)、続くステップ L 8 で、前記多段噴射を行う期間を計測するためのカウンタをリセットして (カウンタ値 Tdown = Tdown0)、ステップ L 9 に進む。このステップ L 9 では、EGR 弁 24 のリフトセンサ 26 からの出力信号に基づいて、該 EGR 弁 24 が前記加速判定の前に比べて実際に閉じる側に動作したかどうかを判定する。すなわち、例えば EGR 弁 24 の開度が前記ステップ L 6 における加速判定時点よりも所定以上、小さくなったか、或いは EGR 弁 24 の開度が予め設定した所定開度よりも小さくなったときには、EGR 弁 24 が閉じる側に作動した YES と判定して、図 23 のステップ J 8 に進み、以下、同図のステップ J 8 ~ J 14 の各ステップにおいて、燃料の多段噴射を実行する。一方、EGR 弁 24 が未だ閉作動していない NO と判定したときには、

図 24 のステップ J 15 に進んで燃料を主に圧縮上死点近傍の主噴射により一括して噴射させる。

【0147】つまり、エンジン 1 の運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行したときには、さらに EGR 弁 24 が実際に閉じる側に作動したことを確認した上で、燃料の多段噴射を開始させるようにしている。

【0148】これに対し、前記ステップ L 6 で、エンジン 1 が定常運転状態であるか又は継続して加速運転状態になっていると判定されて進んだステップ L 10 では、多段噴射実行フラグ Flagsp の値が 1 であるか否かを判別し、Flagsp = 0 で NO ならば、多段噴射を行う期間でないとして図 24 のステップ J 15 に進み、以下、同図のステップ J 15 ~ J 22 の各ステップにおいて、燃料の一括噴射を実行する。一方、Flagsp = 1 で YES であればステップ L 11 に進んで、前記カウンタをカウンタダウンして、ステップ L 12 に進む。このステップ L 12 では、カウンタ値 Tdown が零になったか否かを判別し、カウンタ値 Tdown が零でない NO と判別されれば、多段噴射を行う期間であると判定して、前記ステップ L 9 に進む。一方、カウンタ値 Tdown = 0 で YES であれば、多段噴射を行う期間は終了したと判定して、ステップ L 13 に進み、多段噴射実行フラグ Flagsp をクリアして (Flagsp = 0)、図 24 のステップ J 15 に進む。

【0149】つまり、エンジン 1 の運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行して、燃料の噴射形態を一括噴射から多段噴射に切替えた後、カウンタにより計測される設定時間が経過するまでは継続して多段噴射を行わせる一方、その設定時間が経過すれば、エンジン 1 が加速運転状態であっても一括噴射に切り換えるようにしている。このことで、加速開始時の燃料増量に伴うスモークの増大を多段噴射によって十分に抑制できただけでなく、設定時間の経過後に一括噴射に切り換えることで、多段噴射に伴う燃費の悪化を抑制することができる。

【0150】前記図 30 に示す多段噴射開始判定のフローにおいて、ステップ L 9 により、EGR 弁 (排気還流量調節弁) 24 が実際に閉じる側に作動したことを検出する開作動検出手 35e が構成されている。

【0151】したがって、この実施形態 2 によれば、エンジン 1 の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したときに、燃料の多段噴射制御が行われることによって、前記実施形態 1 と同じく NOx の生成を大幅に低減できる。しかも、加速運転状態への移行に伴い燃料噴射量 F が増量されて、EGR 弁 24 が閉じる側に作動されるとともに、吸気絞り弁 14 が全開状態にされて新気の吸入空気量が増加し、このことで、エンジン 1 の加速運転に対応して出力を高めることができる。また、そのようにして燃料の多段噴射と、EGR 率の低減とが併せて行われることで、車両の加速に伴うスモーク増大を十分に抑制できる。

【0152】さらに、この実施形態では、エンジン 1 が加速運転状態になった後にカウンタにより計測される設定時間が経過すれば、加速運転の途中であっても一括噴射に切り換えるようにしており、このことで、加速初期の燃料増量に伴うスモーク増大を十分に抑制できるだけでなく、加速途中からは一括噴射に切り換えることで、多段噴射に伴う燃費の悪化を抑制することができる。

【0153】加えて、この実施形態では、エンジン 1 の加速運転状態への移行が判定されたとき、リフトセンサ 26 からの出力信号に基づいて EGR 弁 24 の開作動を確認した上で、多段噴射を開始するようにしている。すなわち、エンジン 1 が加速運転状態になった直後は、EGR 弁 24 の作動遅れに起因して一時的に排気の還流量が過剰な状態になるので、この状態で燃料の多段噴射を行うと却って燃焼状態が悪化して、スモーク増大を招く虞れがある。この弊害は吸気絞り弁制御 (図 18 参照) によって EGR 弁 24 の作動遅れを軽減していても完全には解消されない。そこで、EGR 弁 24 が実際に開作動した後に燃料の多段噴射を開始することで、前記のスモーク増大を回避することができる。

【0154】(実施形態 2 の変形例) 上述の如く前記実施形態 2 では、エンジン 1 が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、EGR 弁 24 の開作動を確認した上で燃料の多段噴射を開始することで、加速開始直後のスモーク増大を回避するようにしている。これに対し、EGR 弁 24 の開作動を検出する代わりにエンジン 1 の燃焼室 4 の空燃比を検出して、その検出結果に基づいて、多段噴射を開始するかどうかを決定するようにしてもよい。

【0155】具体的に、前記図 30 に示す燃料噴射制御のフローのステップ L 9 において、加速運転初期の多段噴射を実行する期間であると判定したとき、図 31 のフローチャートに示すステップ L 100 に進んで、エアフローセンサ 11 からの出力信号に基づいて求められる吸入空気量 Qi を読み込み、続くステップ L 101 において前記吸入空気量 Qi を燃料噴射量 F で除算して、実空燃比 A/F を算出する。続いて、ステップ L 102 では、エンジン回転数 Ne 及び実空燃比 A/F に基づいて、図 32 に例示するような領域判定マップ 55 を参照して、燃焼室 4 の空燃比状態が多段噴射を行う運転領域 (ア) にあるか、又は一括噴射を行う運転領域 (イ) にあるかを判定する。そして、空燃比 A/F が境界値 A/F* 以上になっていて、前記運転領域 (ア) にある YES ならば、図 23 のステップ J 8 に進んで燃料の多段噴射を実行する一方、空燃比 A/F が境界値 A/F* よりも小さく運転領域 (イ) で NO ならば、図 24 のステップ J 15 に進んで燃料の一括噴射を実行する。

【0156】尚、前記領域判定マップ 55 は、図 29 に示す領域判定マップ 54 と同様に構成され、運転領域

(ア) 及び (イ) の境界 A/F* が空燃比リッチ側にシフ

トしたものである、すなわち、エンジン 1 の加速運転状態では、運転者の加速要求に応えるために出力を高める必要があり、そのためには、定常運転状態に比べて空燃比のリッチな領域まで多段噴射をさせるようにすれば、スモークの抑制という点ではやや不利になるものの、エンジン出力を十分に高めることができるのである。

【0157】そして、この変形例によれば、前記実施形態 2 と同じくエンジン 1 の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したときに燃料の多段噴射が行われ、かつ EGR 率が小さくされることで、NOx の生成を低減しつつ、スモーク増大を十分に抑制できる。また、エンジン 1 の加速運転状態に対応してエンジン出力を高めることができる。

【0158】また、この変形例では、エンジン 1 が加速運転状態になって、かつ燃焼室 4 の空燃比が設定値以上になったことを確認した上で、燃料の多段噴射を開始するようにしているので、エンジン 1 が定常運転状態から加速運転状態に移行したとき、仮に吸気絞り弁 14 の開作動が遅れて吸入空気量が不足したり、或いは EGR 弁 24 の開作動の遅れが大きくなったりして、燃焼室 4 の空燃比が一時的に過度にリッチな状態になったとしても、そのような状態では多段噴射は行われず、空燃比 A/F が確実に境界値 A/F* 以上になった後に多段噴射を開始することができる。このことで、加速開始直後にスモークが増大することを前期実施形態 2 よりもさらに確実に回避することができる。

【0159】（他の実施形態）なお、本発明は前記各実施形態に限定されるものではなく、その他種々の実施形態を包含するものである。すなわち、前記各実施形態において燃料を多段噴射する場合には、気筒の 1 燃焼サイクルにおける燃料噴射量の 1/3 以上を 1 回の早期噴射で噴射し、かつ残りを後期噴射するようにしているが、これに限らず、早期噴射を 2 回又は 3 回以上としてもよい。その場合には、複数回の早期噴射をいずれも圧縮行程でかつ B T D C 30° CA で実行し、かつそれらの早期噴射による総噴射量を気筒の 1 燃焼サイクルにおける燃料噴射量の 1/3 以上とすることが好ましい。

【0160】また、前記実施形態 1 では、エンジン 1 が低回転及び中負荷以上の運転領域 (I) にあるときに燃料の多段噴射を実行するようにしており、一方、実施形態 2 では、エンジン 1 が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに燃料の多段噴射を実行するようにしているが、これらを両方共に実行するようにしてもよい。

【0161】また、前記各実施形態では、エンジン 1 の各気筒毎への排気還流量を調節することで、該各気筒 2 の燃焼室 4 における空燃比を均一にかつ目標値になるように制御しているが、これに限らず、4 つの気筒 2 の全部についてまとめて制御するようにしたものであってもよい。さらに、排気還流を行わないエンジンに適用しても、排気中の有害成分の低減を図ることは可能である。

【0162】さらに、前記各実施形態では、本発明に係る制御装置 A を、吸気を圧縮するターボ過給機 25 を備え、吸気通路 10 に吸気絞り弁 14 が配設されていて、コモンレール式燃料噴射系によりエンジン 1 の各気筒 2 の燃焼室 4 に燃料を直接、噴射供給するようにした直噴式ディーゼルエンジン 1 に適用しているが、これに限るものではない。すなわち、本発明はターボ過給機 25 を装備していないものや、吸気絞り弁 14 が設けられていないものにも適用できる。また、コモンレール式燃料噴射系の代わりに、各気筒毎にユニットインジェクタが設けられているようなディーゼルエンジンにも適用可能である。さらに、本発明はいわゆる直噴式ガソリンエンジンに適用することも可能である。

【0163】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 記載の発明における筒内噴射式エンジンの制御装置によると、エンジンが低回転及び中負荷以上の運転領域にあり、かつ排気の一部が吸気系に還流されているときに、燃料を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の燃料噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の燃料噴射とを含む多段階に分けて噴射させることで、燃焼室における空気利用率を高めつつ予混合燃焼時の燃焼圧力や燃焼温度の立ち上がりを適度に緩和して、NOx の生成を大幅に低減でき、また、燃料を速やかに気化霧化させ、急速にかつ良好に燃焼させて、スモークの増大を抑制できる。従って、排気中の NOx 低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立できる。

【0164】請求項 2 記載の発明によると、各気筒毎に 1 回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の 1/3 以上を圧縮上死点前 30 度以前の圧縮行程で噴射し、かつ残りの燃料を圧縮上死点近傍で噴射することで、請求項 1 記載の発明の効果を十分に得ることができる。

【0165】請求項 4 記載の発明によると、吸気量センサからの出力信号に基づいて排気還流量調節弁を開閉作動させることで、エンジンの燃焼室の空燃比を目標値になるように高精度にフィードバック制御できるので、その高精度の空燃比制御と多段階の燃料噴射とを併せて行うことにより、排気中の NOx 低減及びスモーク低減を一層、高次元で両立できる。

【0166】請求項 5 記載の発明における筒内噴射式エンジンの制御装置によると、排気還流量が所定の基準値以下になるような運転状態において多段階の燃料噴射を行うことで、請求項 1 記載の発明と同様の作用効果が得られ、排気中の NOx 低減及びスモーク低減を従来よりも高次元で両立できる。

【0167】請求項 6 記載の発明によると、請求項 4 記載の発明と同様に高精度の空燃比制御と多段階の燃料噴射とを併せて行うことにより、排気中の NOx 低減及びスモーク低減を一層、高次元で両立できる。また、排気還流量が基準値以下になるエンジンの運転領域を空燃比

に基づいて判定できる。

【0168】請求項7記載の発明によると、吸気充填効率が低いエンジン低回転域で、多段階の燃料噴射によりNO_x及びスモークの低減を図ることが特に有効なものになる。

【0169】請求項8記載の発明によると、多段階の燃料噴射に伴う燃費の悪化を抑制できる。

【0170】請求項9記載の発明における筒内噴射式エンジンの制御装置によると、エンジンの運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、多段階の燃料噴射を実行するとともに、排気の還流量を減少させることで、請求項1記載の発明と同様の作用効果が得られ、スモークを十分に抑制しつつ、NO_xを従来よりも低減できる。また、加速運転に対応してエンジン出力を高めることができる。

【0171】請求項10記載の発明によると、エンジンが加速運転状態に移行したとき、排気還流量調節弁の実際の閉作動を確認した上で多段階の燃料噴射を開始させることで、加速開始直後のスモーク増大を回避できる。

【0172】請求項11記載の発明によると、エンジンが加速運転状態に移行したとき、燃焼室の実空燃比が設定値以上になったことを確認した上で多段階の燃料噴射を開始させることで、加速開始直後のスモーク増大を確実に回避できる。

【0173】請求項12記載の発明によると、エンジンが加速運転状態に移行して多段階の燃料噴射を所定期間行った後、一括の燃料噴射に切り替えることで、燃費の悪化を抑制できる。

【0174】請求項13記載の発明によると、吸気通路に吸気絞り弁が配設されている場合に、また、請求項14記載の発明によると、ターボ過給機を装備しているエンジンにおいて、いずれも車両の発進時等にスモーク増大を抑制しつつNO_xを低減できるという効果が極めて有効なものになる。

【0175】請求項15記載の発明によると、いわゆるコモンレール式燃料噴射系によって、噴射時期制御手段による燃料噴射時期の制御が実現できる。

【0176】請求項16記載の発明における筒内噴射式エンジンの制御装置制御装置によれば、車両の発進時等にスモークが増大する虞れが極めて強いエンジンにおいて、そのエンジンの運転状態が低回転低負荷運転状態から加速運転状態に移行したときに、排気還流量を減少させるとともに多段階の燃料噴射を行うことによって、NO_x低減を図りつつスモーク増大を抑制できることが、極めて有効な作用を奏する。

【0177】請求項17記載の発明における筒内噴射式エンジンの制御装置によると、エンジン1の低回転及び中負荷以上の運転領域において、請求項2記載の発明と同様の作用効果が得られ、排気中のスモークの増大を抑えつつ、NO_x生成を十分に低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るエンジンの全体構成図である。

【図2】ターボ過給機の一部を、A/R小の状態(a)、又はA/R大の状態(b)でそれぞれ示す説明図である。

【図3】EGR弁及びその駆動系の構成図である。

【図4】EGR弁の駆動電流と駆動負圧(a)、又はリフト量(b)との関係をそれぞれ示すグラフ図である。

【図5】エンジンの制御系の全体構成図である。

【図6】空燃比とNO_x排出量との関係を示すグラフ図である。

【図7】空燃比とスモーク値との関係を示すグラフ図である。

【図8】排気還流及び燃料噴射量制御の基本フローを示す図である。

【図9】エンジンの吸入空気流量の時間変化を示すグラフ図である。

【図10】吸入空気量の算出手順を示すフローチャート図である。

【図11】過渡判定の処理手順を示すフローチャート図である。

【図12】EGR弁操作量の算出手順を示すフローチャート図である。

【図13】プリセットを与える制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図14】過渡時の燃料噴射量制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図15】定常時の目標空燃比、過渡時の目標空燃比及び過渡時の限界空燃比の関係をそれぞれ示すグラフ図である。

【図16】排気還流制御の制御ゲインを補正する手順を示すフローチャート図である。

【図17】吸気絞り量及びエンジン回転数に対するゲイン補正係数を設定したマップの一例を示す図である。

【図18】吸気絞り弁制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図19】燃料噴射量及びエンジン回転数に対する吸気絞り量を設定したマップの一例を示す図である。

【図20】燃料の多段噴射を行うか一括噴射を行うかの判定に用いる領域マップの一例を示す図である。

【図21】燃料の多段噴射及び一括噴射の時期をそれぞれ示すタイムチャート図である。

【図22】コントロールユニットで行われる燃料噴射時期制御の処理手順の前半部を示すフローチャート図である。

【図23】燃料噴射時期制御の後半部で多段噴射の場合の処理手順を示すフローチャート図である。

【図24】燃料噴射時期制御の後半部で一括噴射の場合の処理手順を示すフローチャート図である。

【図25】燃料を多段噴射したときの燃焼圧波形を一括

噴射したときのものと比較して示す説明図である。

【図 26】燃料を多段噴射したときと一括噴射したときのそれぞれについて、EGR 率を所定範囲で変化させたときの排気中の NO_x 濃度とスモーク濃度とを互に関連づけて示すグラフ図である。

【図 27】燃料を多段噴射したときと一括噴射したときのそれぞれについて、EGR 率の変化に対する燃費率の変化を示すグラフ図である。

【図 28】実施形態 1 の変形例に係る図 2 2 相当図である。

【図 29】実施形態 1 の変形例に係る図 2 0 相当図である。

【図 30】実施形態 2 に係る図 2 2 相当図である。

【図 31】実施形態 2 の変形例において燃焼室の空燃比に基づいて燃料の噴射形態を切替える手順を示すフローチャート図である。

【図 32】実施形態 2 の変形例に係る図 2 9 相当図である。

【符号の説明】

A 筒内噴射式エンジンの制御装置

1 ディーゼルエンジン

2 気筒

4 燃焼室

5 インジェクタ (燃料噴射弁)

6 蓄圧室

10 吸気通路 (吸気系)

11 エアフローセンサ (吸気量センサ)

12 プロワ

14 吸気絞り弁

20 排気通路

21 タービン

23 排気還流通路

24 EGR 弁 (排気還流量調節弁)

25 ターボ過給機

35 a 噴射量制御手段

35 b 排気還流制御手段

35 c 噴射時期制御手段

35 d 吸気絞り弁制御手段

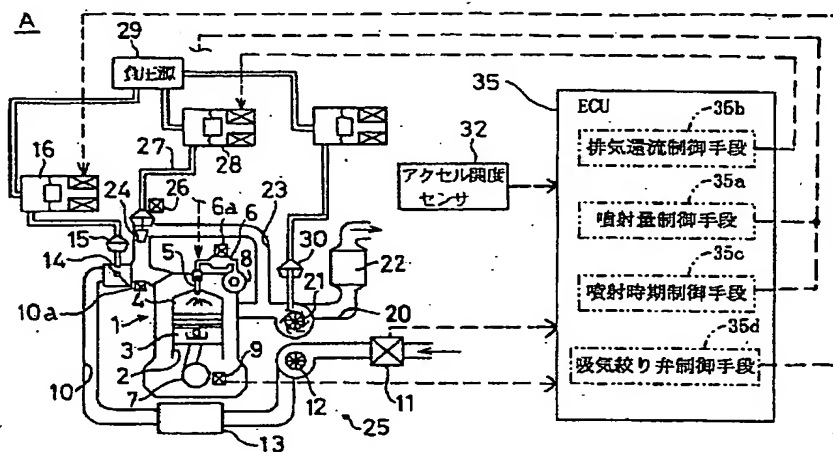
35 e 閉作動検出手段

A/F 空燃比 (還流状態量)

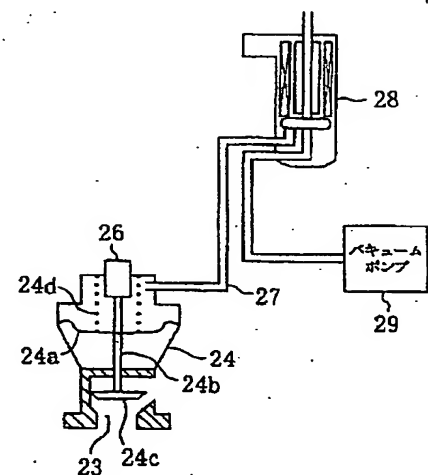
20 A/F* 空燃比の境界値 (設定値)

TA/F, KTA/F 空燃比の目標値

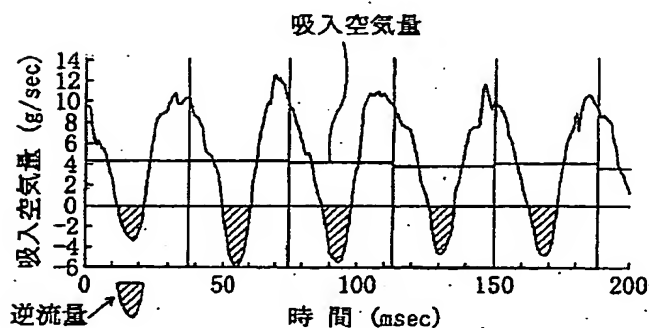
【図 1】



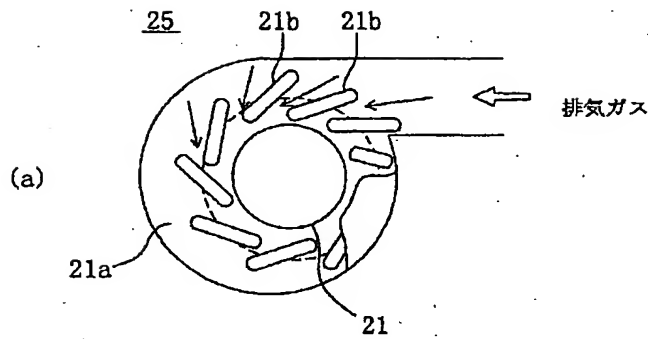
【図 3】



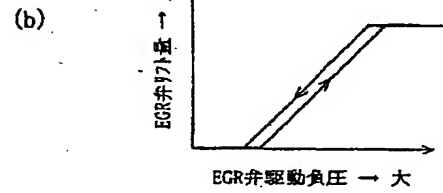
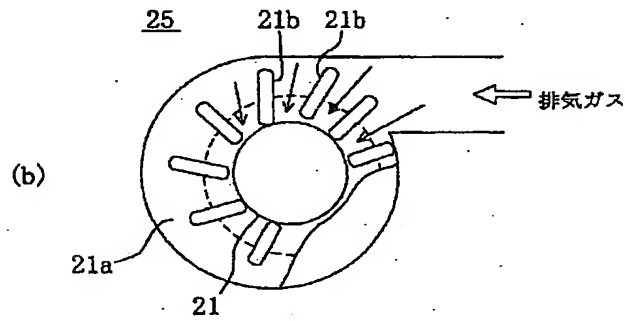
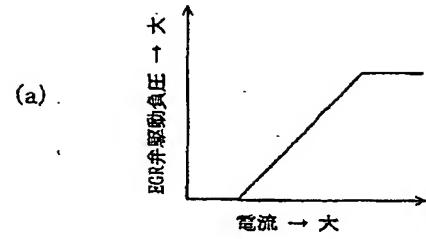
【図 9】



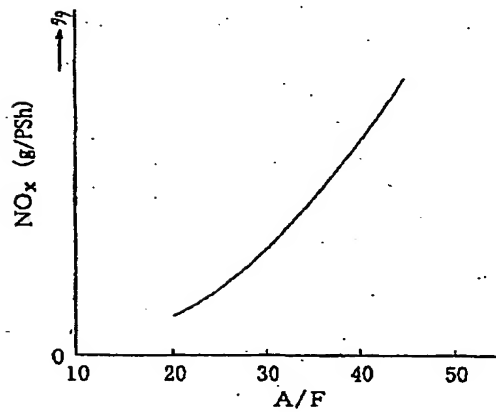
【図 2】



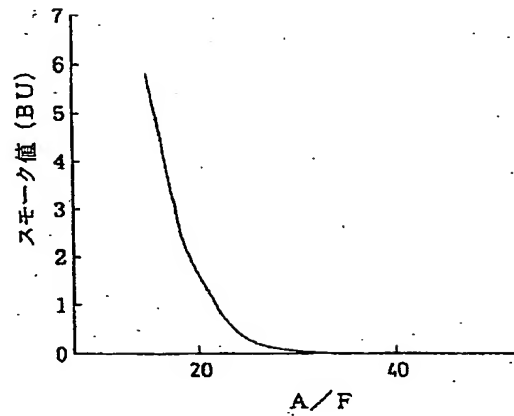
【図 4】



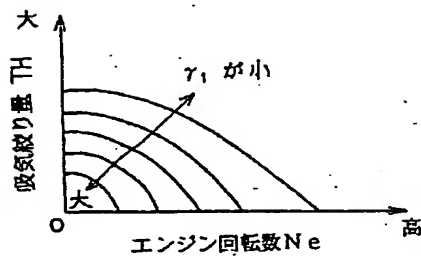
【図 6】



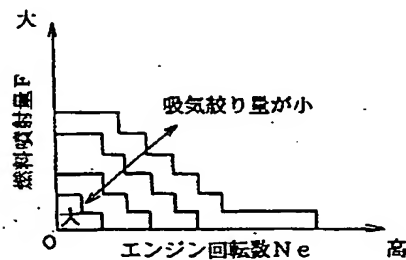
【図 7】



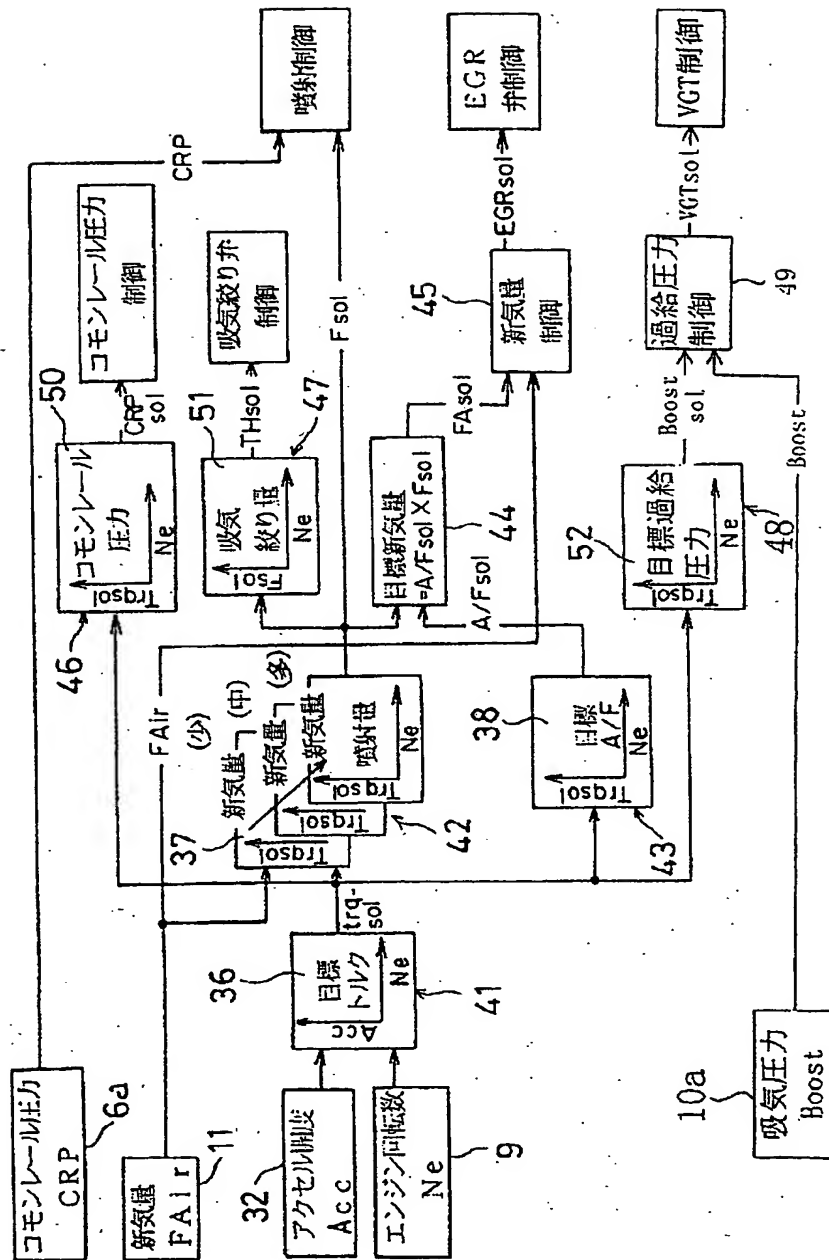
【図 17】



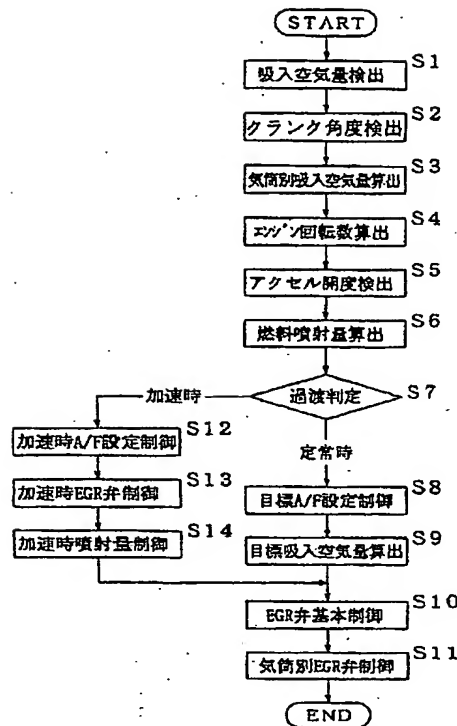
【図 19】



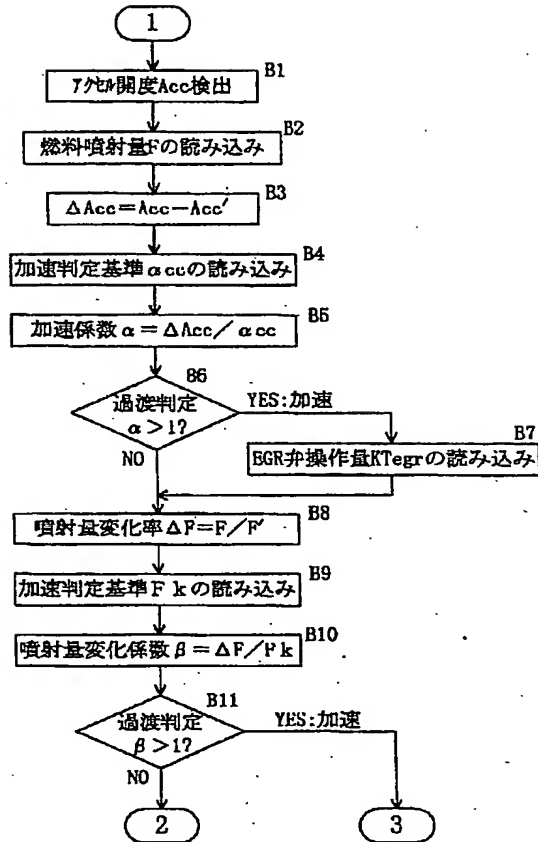
【図 5】



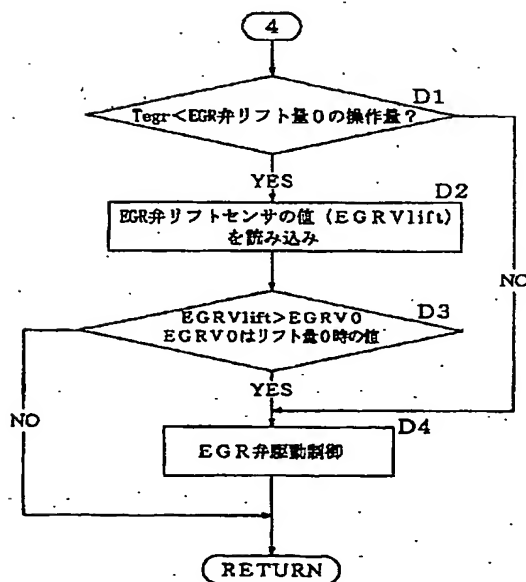
【図 8】



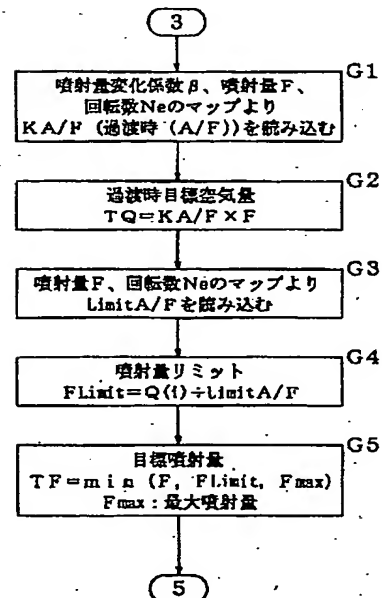
【図 11】



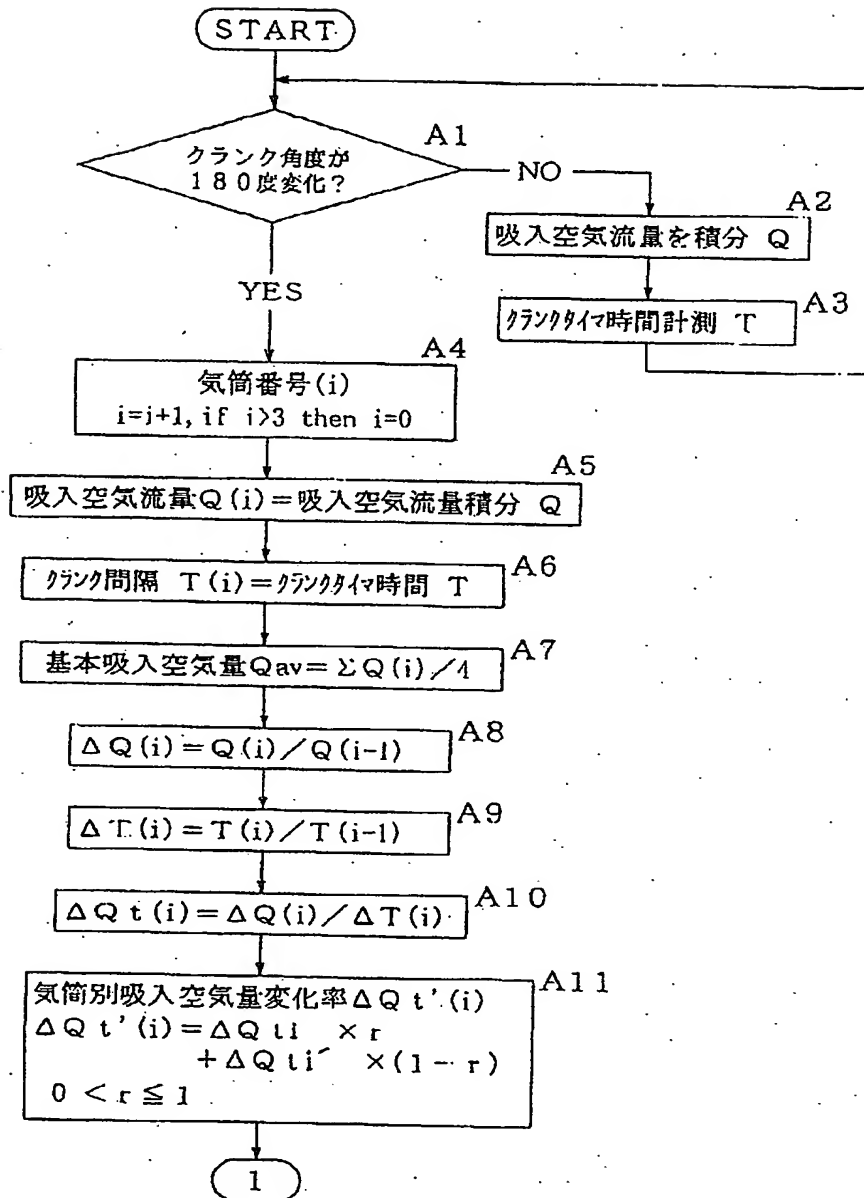
【図 13】



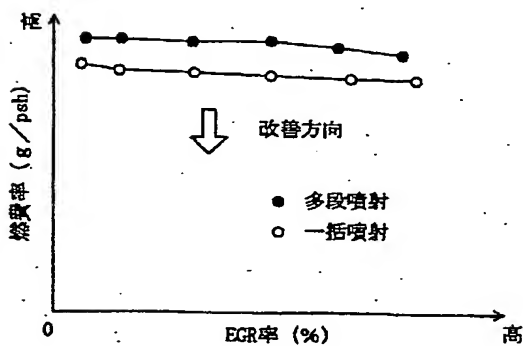
【図 14】



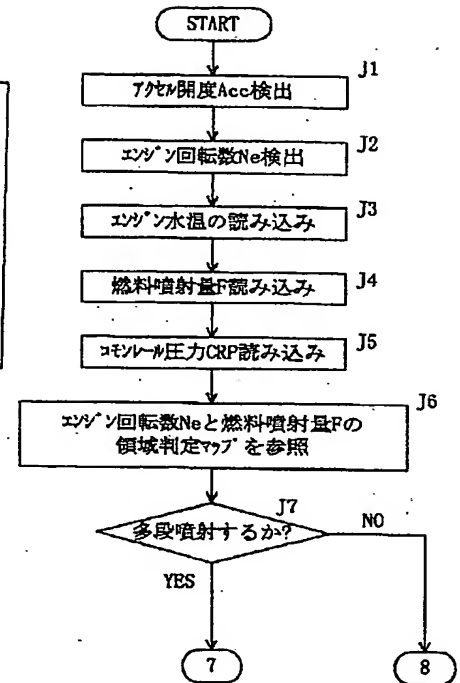
【図10】



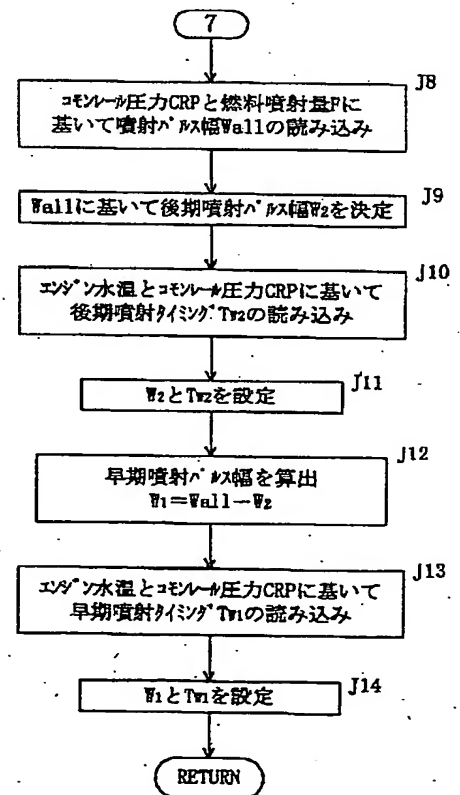
【図27】



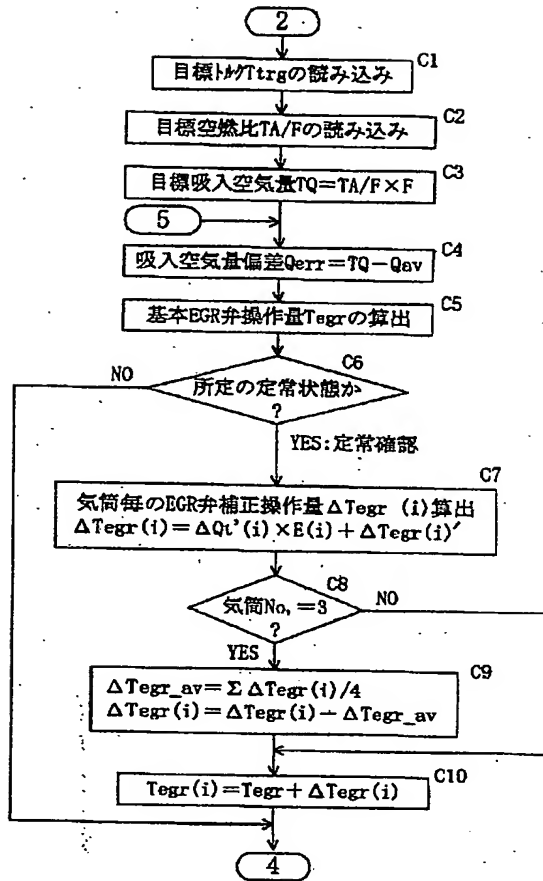
【図22】



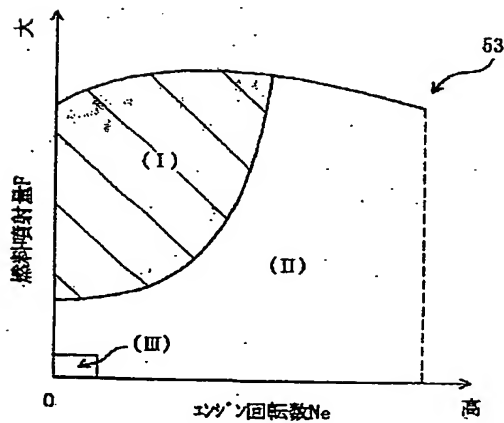
【図23】



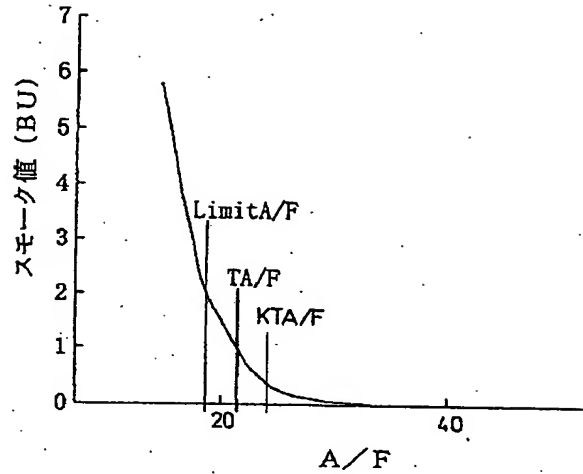
【図 12】



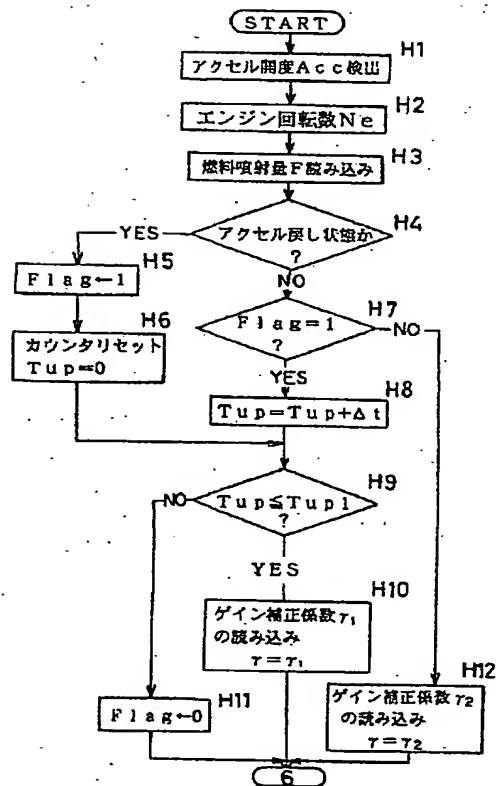
【図 20】



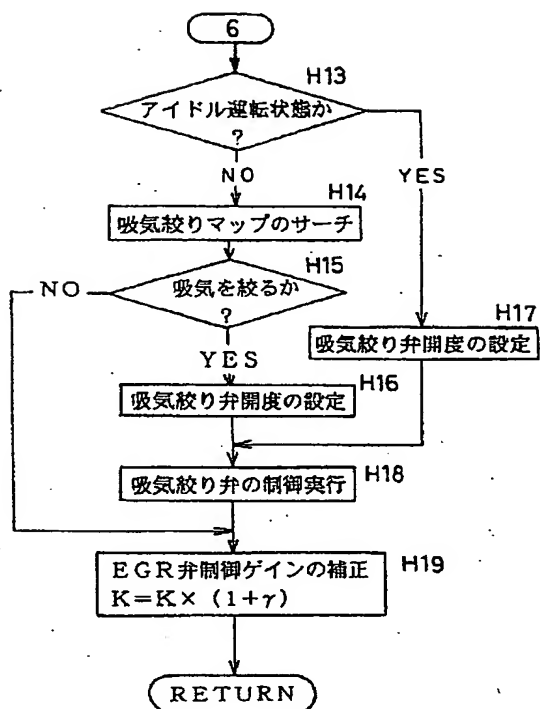
【図 15】



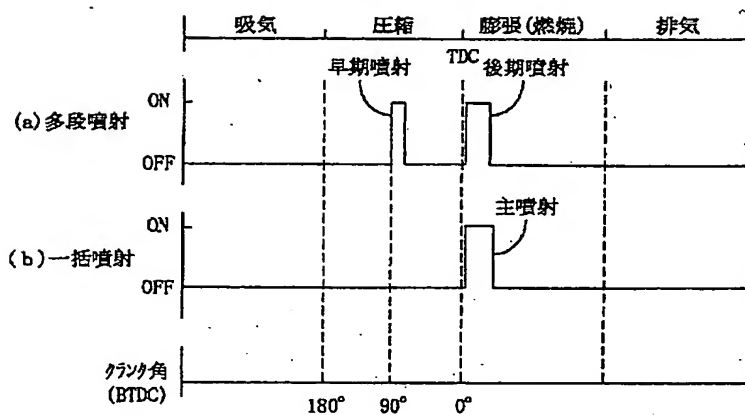
【図 16】



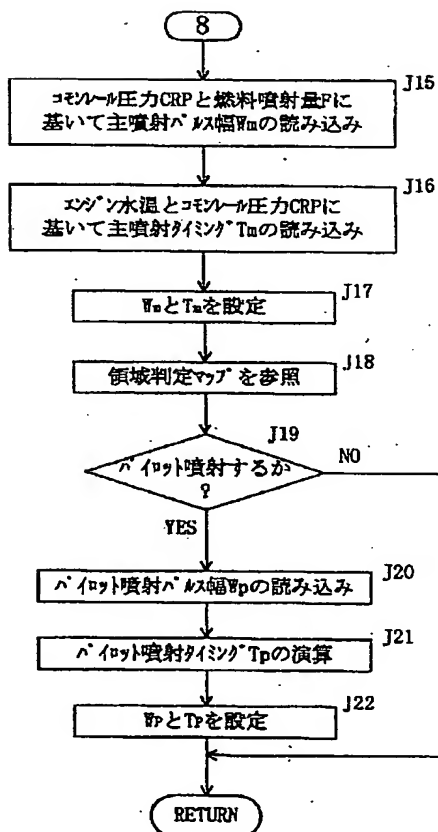
【図18】



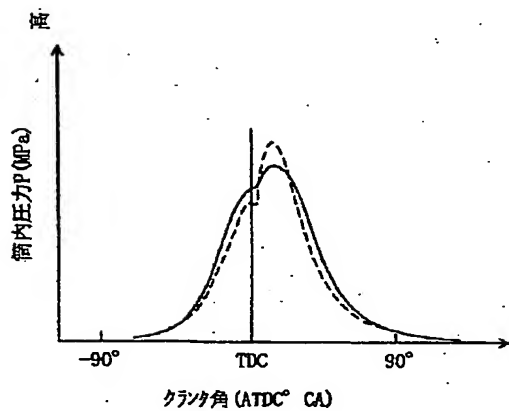
【図21】



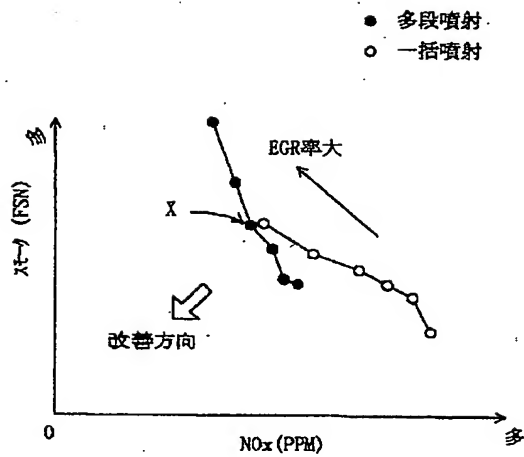
【図24】



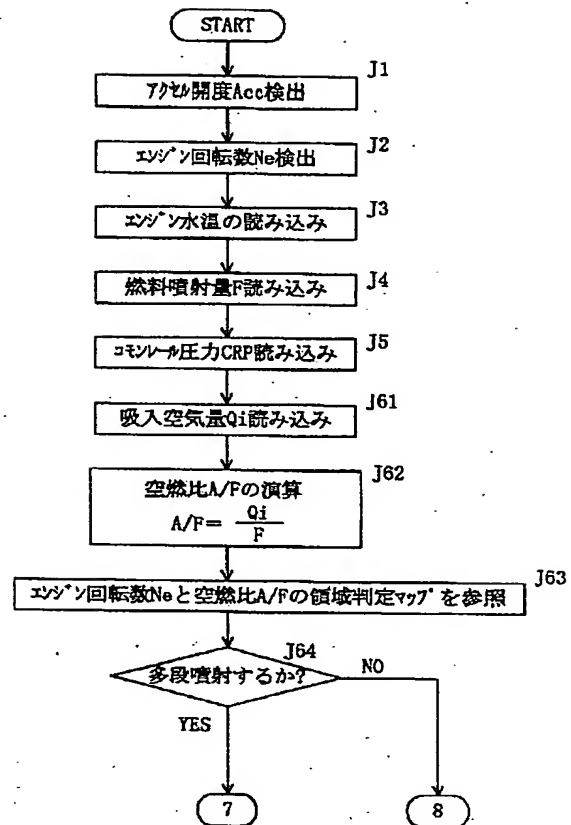
【図25】



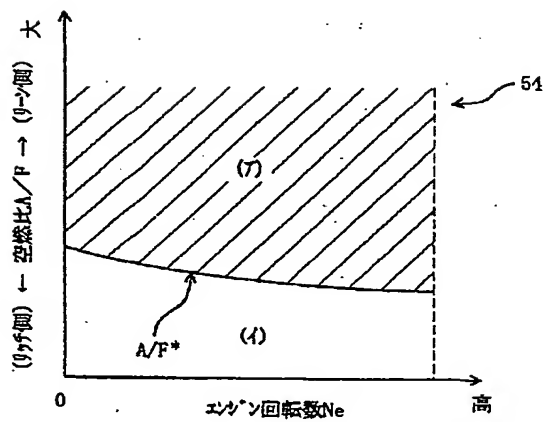
【図 26】



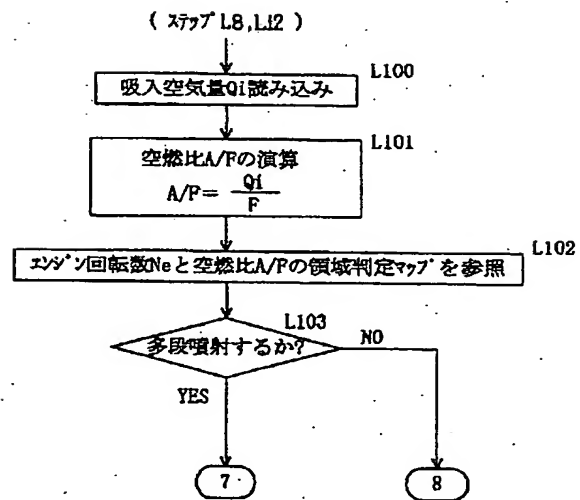
【図 28】



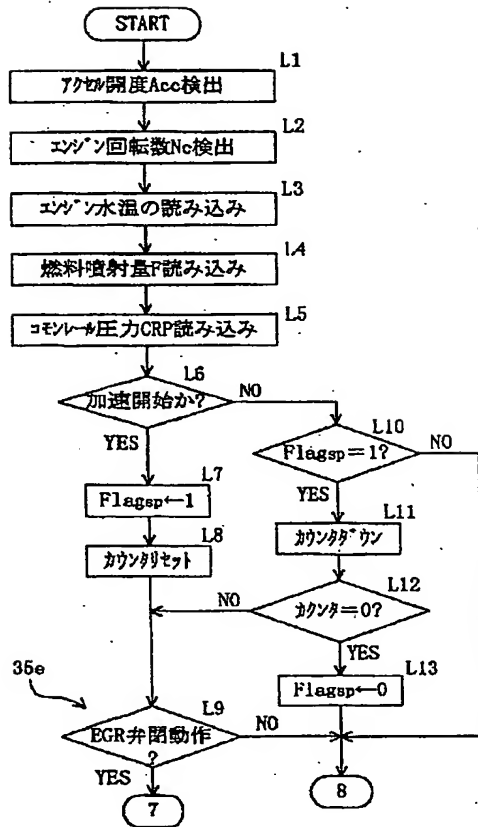
【図 29】



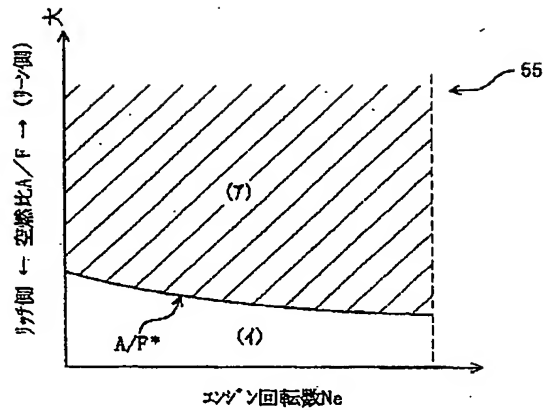
【図 31】



【図 30】



【図 32】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	テーマコード (参考)
41/10	385	41/10	385
41/34		41/34	H
41/38		41/38	B
43/00	301	43/00	301 N
			301 J
			301 K
F02M 25/07	550	F02M 25/07	550 G
			550 R

- (72) 発明者 安富 克晶
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
 株式会社内
- (72) 発明者 荒木 啓二
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
 株式会社内

F ターム (参考) 3G062 AA01 AA03 AA05 BA02 BA04
BA05 BA06 CA04 CA06 EA05
GA01 GA02 GA04 GA06 GA08
GA15 GA21 GA25
3G084 AA01 BA05 BA09 BA13 BA15
BA20 CA00 CA03 CA04 CA05
CA09 DA02 DA10 EA05 EA07
EA11 EB08 EB12 EB13 EB25
EC02 EC05 FA07 FA10 FA13
FA38 FA39
3G092 AA01 AA02 AA06 AA17 AA18
BA04 BB01 BB06 BB10 BB13
DB03 DC03 DC09 DC10 DG06
EA02 EA08 EA11 EA17 EB03
FA06 FA17 FA18 GA08 GA12
HA02Z HA06X HA06Z HB01X
HB01Z HB02X HB02Z HB03Z
HD07X HD07Z HE01Z HE03Z
HE06X HE08Z HF09Z
3G301 HA02 HA04 HA11 HA13 JA02
JA24 JA25 KA07 KA08 KA09
KA12 KA16 KA21 KA24 KA25
LA00 LA03 LB04 MA01 MA11
MA19 MA23 MA26 NA01 NA03
NA04 NA05 NA08 NC02 ND02
ND05 NE15 NE17 NE23
PA01Z PB03Z PD15A PE03Z
PE06A PE08Z PF03Z PF04Z